

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait 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.

Dr. Egri Károly

Filléres ötletek „Kemopipőke” kimeríthetetlen kincsesládából: néhány egyszerű, szemléltető és kísérleti eszköz alkalmazása a kémiatanításban

Bevezetés, kitekintés, célkitűzések

Az utóbbi két évtizedben embert próbáló feladat természet-tudományokat oktatni az általános és középiskolában. A kémia tanítása pedig különösen „mostohagyermeknek” számít – mesebeli hasonlaltal élve afféle „Kemopipőkének” tekinthető. Húsz év alatt felére apadt a tantárgy óraszám, miközben a tananyag mennyisége érdemben nem csökkent. (Bár bizonyos elméleti részekkel, pl. a reakciók mechanizmusával, vagy a kvantumszámokkal foglalkozó fejezetekkel már ritkán találkozhatunk, az elsajátítandó ismeretanyag – egyébként aktuális és indokolt – gyakorlati és környezetkémiai részekkel egészült ki.). Az újabb generációk diákjainak motiválása szintén rengeteg „aktiválási energiát” igényel – sokan eleve érthetetlennek és feleslegesnek tartják a természettudományokat. Nem szabad megfeledkeznünk a kémiaérettségi írásbeli részének nehézségeiről, a

kémiantanárok utánpótlásának perspektíváiba pedig jobb bele sem gondolni...

Mit tehet az a pedagógus, aki továbbra sem szeretne elfásulni, beletörődni a körülmények okozta nehézségekbe? Többek között: újabb és újabb kísérleti és demonstrációs ötleteket próbál kitalálni és megvalósítani. (Hasonlóan az operáns tanulás során megfigyelt szituációhoz, amelyben egy problémahelyzet fokozott kreativitásra sarkallja a kísérlet alanyait.) A játékos szemléletmód, a jelenségek ötletes, más irányú megközelítése, az interaktivitásra törekvés az utóbbi évtizedben a kémia oktatásában is egyre inkább teret hódít.

A témával kapcsolatban számtalan korábbi és újabb keletű szakirodalmi példát lehetne említeni. Ezek közül a szerző – a teljesség igénye nélkül – csak néhányat szeretne megemlíteni (hiszen az erre vonatkozó, rendkívül gazdag hazai és nemzetközi szakirodalom részletes áttekintése meghaladná e munka kereteit). Újszerű, ötletes kísérleti módszerekről és alkalmazásuk fontosságáról olvashatunk pl. *Sarka Lajos és Tóth Zoltán* (2015) publikációjában, illetve előbbi szerzőpáros és *Dobóné Tarai Éva* egy további, közös tanulmányában (*Dobóné, Sarka és Tóth* 2015). A gamifikációval, a játékos módszerek nyújtotta lehetőségekkel foglalkozik *Szakács* (2018) és *Borbás* (2018). A játékalapú tanulás elméleti alapjairól olvashatunk *Karl M. Kapp* (*Kapp*, 2012) nagy hatású munkájában. *Stojanovska és Velevska* (2018) e módszernek a kémia oktatásában tapasztalt előnyeire hívják fel a figyelmet. *Banerjee* (2019) tanulmánya a gamifikáció pozitív hatásait vizsgálja a nehéznek tartott kémiai ismeretanyag elsajátítására. *Mellor és munkatársai* (2018) publikációjában példákat láthatunk mindezek kapcsolatára a környezettudatos szemléletet preferáló kémiantanítással. *Fontana* munkája (2020) pedig kifejezetten az online kémiaoktatás, a gamifikáció és a világjárvány okozta körülmények interakcióira fókuszál. *Kenney* (2019) publikációjában a játékalapú tanulás előnyeinek összegzését tekinthetjük át.

Más kérdés, hogy egy átlagos hazai iskolában, a mindennapok gyakorlatában hogyan valósíthatók meg a külföldi szakirodalomból megismerhető módszerek. Mennyire vannak birtokában a – meglehetősen leterhelt – tanulók és tanáraik az alkalmazásokhoz szükséges digitális és idegen nyelvi kompetenciáknak? Milyen mértékben biztosított mindehhez az informatikai és infrastrukturális

hátter? A kémia viszonylatában is bőven találunk példákat – ötletes és (pl. az egyenletek rendezésénél, a képletek alkotásánál, a molekula-modellezésnél és a mérési feladatoknál is) jól alkalmazható – okostelefonos applikációkra (*Főző*, 2016). A különböző alkalmazások (pl. a szerves kémiai vonatkozású Labster, Chairs!, Chirality-2, Bacon (*The Next Chemist*, 2019) előnyei közé tartozik a kudarcélményektől mentes tanulás lehetősége és az, hogy a diákokat a problémák különböző szemszögből történő megközelítésére ösztönzi. A virtuális valóság azonban csak kiegészítheti, de nem pótolhatja azt az élményt, amelyet a tanulók által önállóan végzett és az összes érzékszervvel megtapasztalható kísérletek jelentenek (*Egri*, 2018).

Jelen munka célja az, hogy olyan (saját ötleten alapuló, kipróbált), minimális költségigényű, játékos demonstrációs és kísérleti eszközöket mutasson be, amelyek bármely iskolában egyszerűen elkészíthetők és alkalmazhatók. Szerző szeretne ezeknek az oktatásban megtapasztalt pozitív hatásaira is kitérni. Véleménye szerint a játékon alapuló tanuláshoz nincs feltétlenül szükség digitális eszközarzenálra, még a mindennapjainkat uraló okostelefonokra sem – bár ezek a tapasztalatok rögzítésénél és az eredmények bemutatásánál nagyon hasznosak lehetnek.

Néhány játékos demonstrációs és kísérleti eszköz, módszer leírása

1/ „Al-ternatív” alu-flakonok

a/ „Al-legorikus” **peptidmodellek**: A fehérjealkotó **aminosavak** és a belőlük felépülő **polipeptid-láncok** szerkezetének bizonyos jellegzetességei jól szemléltethetők pl. a szemétkbe kerülő alumínium flakonok, mint építőelemek segítségével. Az üres dobozok egyforma alja és nyitófüllel ellátott fedele jelképezi a monomerek azonos amino- és karboxil-csoportjait, míg az eltérő márkajelzések az oldalláncok különbségeire utalnak. Segítségükkel (pl. 3×6 azonos flakon esetén) a fehérjék elsődleges szerkezetének lényege is bemutatható. Egy 3 különböző aminosavból álló tripeptid $3! = 6$ eltérő aminosav-szekvenciáját egyszerű permutációs művelettel is előállíthatják a diákok (más „sörrend” → más fehérje). Tovább lépve, akár a másodlagos szerkezeti szint makettjei is elkészíthetők az alumíniumdobozokból. A

flakonok nyitófülein áthúzott drót segítségével az α -helikális, a hengerpalástok közepének átellenes pontjain átfűzött zsinórral pedig a β -lamelláris struktúrához hasonló modell is megalkotható. A másodlagos szerkezet bemutatásánál a flakonokat célszerű össze is préselni, így azok még jobban szimbolizálhatják a peptidsíkokat. (A dobozok két vége itt értelemszerűen a peptidcsoportok N – H, illetve C = O „sarkait” szimbolizálja.) (1. ábra) Kissé időigényesebb feladat lehet (de innen már csak egyetlen lépés) a harmadlagos szint modelljének elkészítése az előbbieik kombinálásával.



1. ábra. „Aminosav-szekvenciák” és „peptidsíkok” – alumínium flakonokból

b/ „Flakon-frász, el ne alu-dj”: Az alumínium flakon, mint „detonátor” segítségével a pezsgőtabletták oldódása során lejátszódó kémiai reakció is szemléletesebbé tehető. Kinder-tojás műanyag tokját kettéválasztjuk (célszerű a régebbi, 2 külön darabból álló típust használnunk). Egyik felébe 1-2 tablettát helyezünk, a másikba pedig vizet öntünk. Gyorsan összezárva és kivágott tetejű alu-flakont ráborítva a fejlődő szén-dioxid erőteljes pukkanással veti szét a kapszulát, csörömpölve magasba repítve a dobozt. A hatás a 0,33 l-es űrméret alkalmazásával még erőteljesebb lesz; egyszerre több, egymásra helyezett flakonnal és emeletenként 1-1 „tojással” pedig tovább fokozható.

Két régebbi típusú, eltérő színű Kinder-kapszulából a poláris molekulák szemléletes modellje is elkészíthető. Két-két mágneset megfelelően elhelyezve és tömítőanyagot, pl. vattát téve a különböző színű felekből összekombinált műanyag tokokba, azok tökéletes kis dipólusként viselkednek. Azonos színű pólusaikkal egymást taszító, az eltérőkkel

pedig vonzó, szemléletes kis demonstrációs eszközként a gyerekekre is vonzó hatást gyakorolnak.

Három egyforma alu-dobozzal és egyetlen műanyag tokkal pedig a jól ismert „itt a piros, hol a piros” újabb – a tanulás szolgálatába állított – változatát tudjuk megvalósítani. (Ebben az esetben elegendő egyetlen pezsgőtabletta is, a késleltetés érdekében.) Itt a játékot egy olyan TOTO-feladattal köthetjük össze, ahol a helyes választ – 1, 2, X jelöléssel ellátva a flakonokat – a felrepülő doboz jelzi. A kérdések (stílszerűen) szólhatnak pl. az alumínium fizikai/kémiai/tulajdonságairól, felhasználásáról, előállításáról, illetve annak környezetkémiai vonatkozásairól.

2/ „*Macisajt-Maniac*”: Az ömlesztett sajtok kördobozos csomagolása szintén remekül hasznosítható alapanyagot biztosít a kémiát (is) szerető, játékos kedvű diákok és tanárok számára.

a/ Szemléletes térbeli DNS-modell készíthető a korongszerű sajtos dobozokból (4 különböző termék felhasználásával), ahol a négyféle doboz szisztematikusan az adenin, timin, guanin és citozin bázisoknak feleltethető meg. A kördobozokat csigalépcső-szerűen egymásra helyezve, két párhuzamos lánc építhető, ahol (a DNS spiráljának analógiájára) 10 doboz jut 1 teljes fordulatra. Bár ez a modell nem jeleníti meg a cukor-foszfát-gerincet, de a *komplementer* jelleg remekül bemutatható vele (ügyelve az egymással szemben elhelyezkedő A-T és G-C párokra). Akár az *antiparalel* sajátság is szemléletessé tehető, ha a párhuzamos „csigalépcsőkben” ellentétes pozícióban helyezük el a dobozokat. Egy 5. típusú (az uracilt jelképező) kördobozzal a DNS-láncon felépülő mRNS-molekulát is modellezhetjük. (Célszerű úgy kiválasztani az U-t szimbolizáló elemet, hogy az csak kisebb mértékben, pl. színárnyalatában/limitált jellegében különbözzön a T-t jelképezőtől.) (2. ábra)

Az ehhez kapcsolódó térbeli memóriajáték során a gyerekek egy 10 „kördoboz-nukleotidból” álló makettet kapnak, amit csak meghatározott, rövid ideig tekinthetnek meg. Ez alapján kell megépíteniük a párhuzamos DNS/mRNS-láncot. Annak elkészültével hozzá kell illeszteniük az eredeti „templát”-hoz az általuk összerakott modellt, ekkor derül ki, mennyire pontosan dolgoztak. A feladat értékelésekor mind a „replikáció”, vagy „transzkripció” pontosságát, mind annak gyorsaságát pontozhatjuk. (Ez a játék a diákok térlátásának,

vizuális memóriájának fejlesztését is elősegíti, hiszen agyuk itt egyfajta „bio-3D-nyomtatóhoz” hasonlóan működik.)



2. ábra: Nukleotid -„kirakó” – sajtos kördobozokból

b/ A „macisajtos tekerős puska” a kémiai számítások megoldása során nyújthat hasznos segítséget. Mind a közép- mind az emelt szintű feladatokban sok, a kémiai anyagmennyiséggel összefüggő egyéb fizikai/kémiai mennyiség kiszámítását szükséges gyorsan elvégezni. Az aránypárok felírása helyett időtakarékosabb lehet az (ezekből levezethető) ún. „háromszöges összefüggések” (régebbi és – szerző véleménye szerint indokolatlanul – pejoratív elnevezéssel illetett „szamárháromszögek”, ld. *m-V-ρ*) alkalmazása. (Bár egy rutinos feladatmegoldó az aránypárokkal is könnyedén és gyorsan dolgozik, a háromszögek alkalmazásával – szerző tapasztalatai alapján – tovább gyorsítható a számítások üteme, hiszen csak be kell helyettesíteni azokba a megfelelő értékeket. Emellett kiküszöbölhető az a hiba, amikor a tanuló az aránypár alsó sorában szereplő harmadik mennyiséget – véletlenül, akár a sietségből adódóan – nem a felső sor megfelelő értéke alá írja.) Az általunk legtöbbször használt 6 ilyen összefüggés:

- az aktuális tömeg, az anyagmennyiség és a moláris tömeg: $m-n-M$,
- az adott részecskeszám, az anyagmennyiség és az Avogadro-féle szám: $N-n-N_A$,
- gázok esetén az aktuális térfogat, az anyagmennyiség és a moláris térfogat: V_g-n-V_M
- az oldott anyag anyagmennyisége, az oldat térfogata és a mólkoncentráció: $n_{oa}-V_o-c_M$

- az aktuális hőmennyiség, az anyagmennyiség és a képződéshő:
 $\Delta H - n \cdot \Delta H_K$
- illetve a megadott töltésmennyiség, az anyagmennyiség és az ionok töltésszámával megszorozott Faraday-állandó:

$Q - n \cdot z \cdot F$ között írható fel

A „puska” készítése során a fenti mennyiségek szimbólumait csúcsukkal felfelé álló, egyenlő oldalú háromszögekbe kell beírni úgy, hogy a felsorolásokban szereplő első betű felül, a második (az anyagmennyiséget jelző) a bal alsó, a harmadik pedig a jobb alsó sarokban helyezkedjen el. (Az egymás feletti pozíciók értelemszerűen az osztást, az egymás mellettiek pedig a szorzást jelképezik: a tanulók két ismert mennyiségből így gyorsan ki tudják számítani a harmadikat.) A doboz alsó részének belsejét 6 egyenlő körcikkre osztva, bele kell ragasztani az azokkal kb. megegyező nagygú háromszögeket. Az anyagmennyiségközponti szerepére úgy utalhatunk, ha „ n ” a kör középpontja felé esik. (Ez alól csak a negyedik összefüggés jelent kivételt, hiszen itt az anyagmennyiségnek – értelemszerűen – a háromszög felső csúcsán kell elhelyezkednie.) A kördoboz fedőlapján egy 60°-os körcikknek megfelelő nyílást vágva, és a keresett összefüggésre forgatva azt, a kis eszköz máris „beélesített” állapotba került.

(A „csökkentett üzemmódban működő” – csak az első 4 felsorolt összefüggést tartalmazó – változat 4 kisebb háromszögre osztott egyenlő oldalú háromszögbe rajzolva, vagy „3D”-s kivitelben, egy szabályos tetraéder oldallapjaira ragasztva is elkészíthető.) E játékos kis eszközök használata a gyakorló feladatok megoldásánál javasolt: segítségükkel könnyebb memorizálni a számítások során alkalmazandó, fontos összefüggéseket.

3/ „Zsugabubus” – a periódusos rendszerben: Bár 2019 valószínűleg a világlárvány kitörése miatt marad örökre emlékezetes, a természettudományos közvélemény a Mengyelejev-féle periódusos rendszer 150. születésnapjáról sem feledkezett meg. Számos papíralapú, illetve digitális társasjáték is készült erre az alkalomra. (Kérdés, ezekből mennyi és milyen szinten hozzáférhető egy átlagos iskolában...) Egyszerűen megvalósítható gamifikációs lehetőséget kínál

pl. a 32 lapos magyar kártya és a „kis” (csak az első 4 periódus főcsoportjait feltüntető) periódusos rendszer között rejllő, játékos analógia. A táblázat négy sora megfeleltethető a kártya 4 alapszimbólumának („színekek”), a nyolc főcsoport pedig a 8 különböző lapértéknek. (A kis periódusos rendszert írásvetítővel/projektorral mágneses táblára kivetítve segíthetjük a tanulók munkáját: az adott kártyalapokat a megfelelő elem mezőjének kivetített képére rögzítve gyorsabban átlátható a megoldás. A diákok akár okostelefonjaikat/tabletjeiket is használhatják a megfejtés során.) Egy lehetséges játékötlet (a megoldások zárójelben szerepelnek):

A tanár meghatározza, melyik periódust melyik szín, illetve melyik főcsoportot melyik lapérték kódolja. (Ezt természetesen nem ismerhetik a diákok, a megfejtés során kell kideríteniük.) Alapszabály, hogy – bár mindegyik lapérték kódolhatja az első főcsoportot – attól kezdődően a többi lapnak is szabályos, „periodikus” sorrendben kell következnie. A pedagógus 3, különböző periódusba és főcsoportba tartozó kémiai elemre vonatkozóan elemenként 3 (összesen 9) információt adhat meg. Célszerű minél többféle (pl. atomszerkezeti, fizikai, kémiai, biológiai, gyakorlati, tudománytörténeti, illetve környezetkémiai) adatot közölni (akár humoros formában), ezzel is segítve a komplex szemléletmód fejlődését. Pl.:

- „Tell Vilmos”: vakító fénnel égő könnyűfém, oxidját a szertornászok gyakran használják. (*Mg*)
- „Tök király”: a félvezető technikában használatos fém, amely tenyerünkre helyezve lecsorog, Mengyelejev még nem ismerhette és „eka-alumíniumnak” nevezte el. (*Ga*)
- „Zöld hetes”: nemfémes elem, amelyet a pillangós virágú növények (némi bakteriális segítséggel) képesek a levegőből megkötni, alapállapotú atomja 3 párosítatlan elektronnal rendelkezik. (*N*)

A fenti információk helyes dekódolása után könnyen kideríthető, hogy a makk felső a 3. periódus és a II. főcsoport, a tök király a 4. periódus és a III. főcsoport, a zöld hetes pedig a 2. periódus és az V. főcsoport adott elemének feleltethető meg. A második periódust tehát a „zöld”, a harmadikat a „makk”, a negyediket pedig a „tök” színek fedik le. (A játék alapszabályából – kizárásos alapon – kikövetkeztethető, hogy az első – mindössze a hidrogénből és a héliumból álló – rövid periódus jelenti a

„pirosat”) Az I. főcsoport felel meg az alsónak, a II. a felsőnek, a III. a királynak, a IV. pedig az ásznak. (A szabályoknak megfelelően így az V. főcsoportot jelentik a hetesek, a VI. főcsoportot a nyolcasok, a hetediket a kilencesek, a nyolcadikat pedig a tízes értékű lapok.) Mindezek figyelembe vételével a tanulók megválaszolhatják pl. az alábbi (részben humoros) kérdéseket:

„Level 1.” Melyik kémiai elemet rejti „*Stüszí vadász?*” (Mivel az említett figura a tők felső, ezért – fenti információk birtokában – a II. főcsoportba és a 4. periódusba tartozik, tehát a *kalcium* a keresett elem.)

„Level 2.” Melyik kártyafigura jelképezi azt a könnyűfémeket, amelynek vegyjele „kínaiul hangzó” és nélküle nem működne okostelefonod akkumulátora? (A diákoknak remélhetőleg rögtön „beugrik” a *lítium*, „*Li*” pedig a 2. periódusba és az I. főcsoportba tartozik. Így azt a *zöld alsón* látható „*Fürst Walter*” jelképezi.)

„Level 3.” Mi köze van ebben a periódusos rendszerben „*Rob Schneider*”-nek a szappanhoz? (Az említett filmsztár egyik legismertebb főszerepét a „*Tök alsó*” c. filmben játszotta, amely megfelel a 4. periódus I. főcsoportjában elhelyezkedő *káliumnak*. Ennek egyik vegyületét, a *kálium-karbonátot*, triviális nevén a *hamuzsirt* gyakran használták szappanfőzésre.)

A periódusos rendszer – „kezdő” és „haladó” szinten egyaránt – alkalmazható akár egy titkosírás kódjaként is, ahol az elemek rendszámai (1-től 26-ig) a latin ABC-ből ismert betűk sorszámainak feleltethetők meg. Így kódolhatók velük például híres külföldi és magyar vegyészek nevei is (pl. CHArHBeHMn – Faraday, FArFSiMnF – Irinyi). Mengyelejev alkotása – felépítése alapján – szinte tálcán kínálja egy „klasszikus” (mezőkre osztott, dobókockával játszható) társasjáték lehetőségét. A népszerű „Monopoly” mintájára akár „Chemopoly” is készülhetne belőle, már „csak” könnyen átlátható, ugyanakkor megfelelő tudományos alapokkal is rendelkező szabályrendszert kellene megalkotni hozzá...

4/ „*Le Chatelier elv – a’la Carte(sius)*”: *René Descartes* (1596-1650) francia filozófus, matematikus és természetkutató – ma már klasszikusnak számító – kísérleti berendezésének, az ún. *Cartesius-búvárnak* – a 21. századi, műanyag palackban működtetett változata

(remélhetőleg) gyakran használatos az általános és középiskolai fizikatanításban. A könnyen és gyorsan elkészíthető, szemléletes és játékos kísérleti berendezéssel remekül bemutatható számos törvényszerűség. Ilyenek pl. a felhajtóerő, *Pascal törvénye*, a folyadékok „összenyomhatatlan” jellege és a gázok nagymértékben változó térfogata. Szemléletesen modellezi a változtatható átlagsűrűségű testek: pl. egyes vízi állatcsoportok (csontoshalak, csigaházás polipok) és közlekedési eszközök (tengeralattjárók) különböző pozícióját (úszás, lebegés és elsüllyedés) is. Kis módosítással a kémiai egyensúly eltolódása is szépen demonstrálható vele. Az ehhez szükséges eszközök és anyagok:

- néhány cm³-es térfogatú, (pl. aromás) üvegcsé, vagy kisméretű kémcső („búvár”)
- 2-3 dl-es (pl. ivóleves) flakon, felnyitható dugójú, lecsavarható kupakkal
- 150-250 cm³-es főzőpohár („tanmedence”)
- csipesz, cseppentők, vegyszerkanál
- pezsgő- és citrompótló tabletták, NaOH/KOH-pasztilák
- indikátor (metilvörös/brómtimolkék)-oldatok

A „tanmedence” a bűvár megfelelő beállítása miatt fontos: célszerű úgy bekalibrálnunk (cseppentő segítségével) az üvegcsébe juttatott néhány mm-es vízszlopot, hogy a csövecske éppen csak kiemelkedjen a vízből és könnyedén lemerülhessen. Ezután helyezük el az indikátor-oldattal (ez a „lányos” változatban lehet pl. metilvörös, a „fiús” verzióban pedig brómtimolkék) színültig megtöltött flakon tetején és már indulhat is a játék!

A kísérleti eszköz működésének alapját az a jól ismert, egyensúlyra vezető kémiai reakció jelenti, amely (leegyszerűsítve) a

$$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$$
 egyenlettel leírható és akár a nyolcadikosok számára is érthető. Pezsgőtabletta-darab bedobásával mindkét kiindulási anyag koncentrációja növelhető, citrompótló hozzáadásával csak az egyiké. Ezért az előbbi eseten jóval gyorsabb és intenzívebb gázfejlődés és színváltozás következik be és a „búvár” is hamarabb kezd el merülni. Az oldatot alaposan meglúgosítva pedig az ellenkező irányba tolható el az egyensúly: a gázfejlődés újabb pezsgőtabletta-darabka hatására is legfeljebb minimális lesz, és

„búvárunk” sem süllyed el. Ügyelve arra, hogy a flakonban lévő oldat ne kavarodjon fel, végül „bikolor” (szerencsés esetben akár „trikolor”) palackhoz is juthatunk, amely a metilvörös, vagy a brómtimolkék-indikátor különböző színeiben pompázik.

A lezárt flakon kétfázisú, zárt rendszert jelent, a (túlnyomó részét kitöltő) folyadékfázis feletti gáztérben összegyűlik a szén-dioxid (amely a kísérlet egy-egy lépése után kiengedhető a dugó felnyitásakor). A nyomás változására a búvárként működő üvegcsze érzékenyen reagál pozíciójának megváltoztatásával. Így a módosított *Cartesius-búvár* segítségével a *Le-Chatelier-Braun-elv* is remekül demonstrálható. A „bikolor” jellegű a reagáló anyagok (a tömény lúgoldat, illetve a felette elhelyezkedő citrátoldat) eltérő sűrűsége miatti korlátozott keveredés okozza.

A fizikai és kémiai és törvényszerűségek mellett biológiai, vagy akár tudománytörténeti, történelmi vonatkozásokra is kitérhetünk (pl. *Archimedes*, U-boat-ok, a halak úszóhólyagjának működése, a *Nautilusok* lebegése, a szovátai, magas sótartalmú Medve-tó vizének sűrűség szerinti rétegződése és „hőcsapdaszerű” működése Erdélyben). A *Cartesius-búvár* mai, műanyag palackos (mind a megszokott, ujjnyomásra működő, mind a fentiekben ismertetett) változata remekül alkalmazható a dinamikus egyensúly fogalmának kiterjesztésére. Maga a búvár teste is akár többféle verzióban kivitelezhető: az üvegcsére pl. színes, csillogó szaloncukor-papírból kivágott „kiegészítők” ragaszthatók (így „polip”, „csikóhal”, vagy akár „horgony” is megalkotható). Üveg helyett olcsó, műanyag golyóstollak (alufóliával kibélelt, kis csavaralátétekkel, vagy gyurmával nehezített, kiegyensúlyozott) nyeles kupakjából is készülhet. Az interaktív kísérleti eszközhöz gyakran szellemes kis kerettörténetet is kitalálnak a gyerekek (pl. a „feledékeny”, vissza-visszatérő Columbo-t pezsgős vacsorára invitálják, Búvár Kund a jacuzziban stb.). A PET-palackokkal, vagy a korallzátonyok mészvázainak képződésével kapcsolatos szerves/szervetlen/környezetkémiai TOTO szintén hatásosan egészítheti ki az interaktív feladatot.

Tapasztalatok, összegző gondolatok

Játékos segédeszközök felhasználásával a diákok rendkívül sokoldalúan fejleszthetők. Manuális készségük, térlátásuk, kreativitásuk és

(kiscsoportos tevékenységi forma esetén) kooperativitásuk is hatékonyan formálható. A bemutatott kis ötletek az empirikus alapú és a komplex szemléletmód, valamint az absztrakciós képességek kiteljesítésére szintén jól alkalmazhatók. Megfelelő informatikai háttér jelenlétében a tanulók digitális és idegen nyelvi kompetenciái is kedvező irányba fejlődhetnek. Mivel az eszközökhöz felhasznált papír, alumínium és műanyag egyébként a hulladékba kerülne, ezért a diákok ökológiai szemléletmódja is erősíthető ezzel a módszerrel. A környezetvédelemhez kapcsolódóan ajánlott különböző nehézségű és típusú kvízfeladatok (a TOTO mellett pl. keresztrejtvény, párosító típusú fejtörő, szódominó) elkészítése is. A környezettudatosság további erősítése érdekében ezek egy része megalkotható akár digitálisan is (pl. Google feladatlap, vagy Kahoot! alkalmazás formájában).

Szerző nemcsak a tanulókísérleti órákon vagy érettségi előkészítőkön alkalmazza szívesen az itt említett kis eszközöket. A Kutatók Éjszakáin, az AJTP „bennmaradós” hétvégéin, a nyílt napok bemutató óráin, vagy a környezetvédelmi témájú projektnapokon egyaránt népszerű programelemek. A tapasztalatok alapján a gyerekek is szívesebben sajátítják el ilyen formában az ezekhez köthető ismereteket, általában lelkes partnerek a játékos feladatok megoldásánál. Az elvégzett kísérletekről gyakran készítenek ötletes és színvonalas prezentációkat. A látottak mélyebb elemzéséig, értelmezéséig azonban általában csak kevesen jutnak el.

Az ÁVG 2020-ban (illetve 2021-ben) érettségizett 12. A (6 évfolyamos) osztályának diákjai viszont nagyon eredményesen kamatoztatták az interaktív, kísérleti órákon tanultakat is (annak ellenére, hogy – a pandémia okozta rendkívüli helyzet miatt – csak az érettségi vizsga jóval nehezebb, írásbeli részét állt módjukban teljesíteni). Eredményeikhez bizonyára az is hozzájárult, hogy a 10. osztállyal bezárólag a kémiát is (heti 2 órában) csoportbontásban tanulhatták. (A 11-12. évfolyamon pedig ugyanilyen óraszámban vehettek részt előkészítőn.) A 27 fős osztály 5 tanulója (!) érettségizett emelt szinten kémiából, 73%-os átlageredménnyel. (A feladatsorokat 53, 60, 80, 83 és 90 %-ra teljesítették, második legjobb eredményt elérő diákunk kémiából idén májusban tett érettségi vizsgát.) Szerző információi alapján ma mindnyájan az Általános Orvostudományi Kar hallgatói a Debreceni Egyetemen, illetve a Semmelweis Egyetemen.

A fentiekben említették egy része a jövőben is hasznosítható lenne pl. különböző szintű tanulmányi versenyeken, vagy a 2024-től bevezetésre tervezett természettudományos projekt-érettségik alternatív feladatai között is. Kémiaoktatásunk – a mesebeli Hamupipőkéhez hasonlóan, évszázados hagyományaihoz hűen – akár mostoha feltételek között is képes csodálatos eredményeket felmutatni. Jó lenne, ha „Kemopipőkénknek” is segítségére sietne végre már egy mesebeli tündér – néhány, a természettudományok szempontjából is hasznos közoktatási reform „képében”!

Irodalom

Banerjee, K. (2019): Can Games Based Learning Enhance Learning of Chemistry? Pan-Commonwealth Forum, 9-12 September 2019, Edinburgh, Scotland.

<http://oasis.col.org/handle/11599/3231>

Borbás Réka (2018): Játékos lehetőségek a kémia tanításában. XXVI. Kémiantári Nyári Továbbképzés, EKE, Eger. Előadás összefoglalók: 27. (e-book)

Dobóné Tarai Éva, Sarka Lajos, Tóth Zoltán (2016): Új lehetőségek a tanórai kísérletezésben. Magyar Kémikusok Lapja (71): 353-357.

Egri Károly (2018): Csempés kísérletekkel kapcsolatos tapasztalatok és ötletek. Középiskolai Kémiai Lapok (XLV) 275-284.

Fontana, M.T. (2020): Gamification of ChemDraw during the COVID-19 Pandemic: Investigating How a Serious, Educational-Game Tournament (Molecule Madness) Impacts Student Wellness and Organic Chemistry Skills while Distance Learning. Journal of Chemical Education (97/9) 3358-3368.

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00722>

Főző Attila László (2016): Mobileszközök a kémiaoktatásban. Magyar Kémikusok Lapja (71) 358-360.

Kapp, K. (2012): The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education. John Wiley & Sons, 336 p.

https://books.google.hu/books/about/The_Gamification_of_Learnig_and_Instruc.html?id=M2Rb9ZtFxccC&redir_esc=y

Kenney, J. (2020): What is Gamification in Education?

<https://www.chemedx.org/blog/what-gamification-education>

Mellor, K. E., Coish, P., Brooks, B. W., Gallagher, E. P., Mills, M., Kavanagh, T. J., Simcox, N., Lasker, G. A., Botta, D., Voutchkova-Kostal, A., Kostal, J., Mullins, M. L., Nesmith, S. M., Corrales, J., Kristofco, L., Saari, G., Steele, W. B., Melnikov, F., Zimmerman, J. B., Anastas, P. T. (2018): The safer chemical design game. Gamification of green chemistry and safer chemical design concepts for high school and undergraduate students. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 11:2, 103-110.

<https://www.researchgate.net/publication/323592329> The safer chemical design game Gamification of green chemistry and safer chemical design concepts for high school and undergraduate students

Stojanovska M., Velevska B. (2018): Chemistry Games in the Classroom: A Pilot Study. *Journal of Research in Science Mathematics and Technology Education*. 1(2): 113-142.

<https://www.researchgate.net/publication/326195182> Chemistry Games in the Classroom A Pilot Study

Szakács Erzsébet (2018): Gamifikáció a 8. osztályos kémia tanításában. XXVI. Kémia tanári Nyári Továbbképzés, EKE, Eger. Előadás összefoglalók: 24. (e-book)

Tóth Zoltán, Sarka Lajos (2015): Új lehetőségek a tanórai kísérletezésben. In: Bohdaneczky L-né, Sarka L. és Tóth Z. (2015): Kémia tanárok szakmódszertani továbbképzése. (Szaktárnet-könyvek 13.) Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. 95-124.

http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktarnet/kiadvanyok/kemiatanarok_szakm_tovabbk.pdf

The Next Chemist (2019): The Next Chemist blog

<https://thenextchemist.wordpress.com/2019/03/27/gamification-in-organic-chemistry/>

(a feltöltés ideje: 2019.03.27., a letöltés ideje: 2021. 10.12)