

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: tothzoltandr@gmail.com, Telefon: 06 52 512 900 / 22581-es mellék.

Molnár József

Miről mesél a pezsgőtabletta?

1. Bevezetés és célkitűzések

Tapasztalatom szerint az egyéni vagy csoportos projektekben még azok a tanulók is szívesen részt vesznek, akik amúgy nem mutatnak kellő érdeklődést, szorgalmat az adott tantárgy tanulásában. Évfolyamonként évente egy-egy témában rendszeresen adok feladatokat. Erről a Kémiatanárok XXIII. Konferenciáján már tettem említést (Molnár, 2008). Nem kémiai témában már volt több, egy-egy teljes osztályt megmozgató, nyilvános előadással végződő, közös munkánk. Nagyon fontos eredménynek tartom, hogy a tanulók elsajátítják a prezentációkészítés technikáját. Az sem mellékes, hogy fokozatosan megtanulják az ismeretek kritikai feldolgozását.

Az osztrák kémiatanárok szövetsége (Verband der Chemielehrer/innen Österreichs továbbiakban VCÖ) a 2008/2009 tanévben, immár 10. alkalommal írta ki diákok számára a projektversenyét (VCÖ, 2008). Ezen a szponzorok segítségével 218 osztrák és 10 külföldi, köztük 4 magyar iskola is részt vett. (Városmajori Gimnázium, Budapest; Irinyi János Gimnázium, Debrecen; Kazinczy

Ferenc Általános iskola; Nyíregyháza; Berzsényi D. Evangélikus Gimnázium, Sopron – Riedel, 2009). A versenyben a mindennapi életünk kémiája témakörbe illő, német nyelven benyújtott projektmunkákkal lehetett pályázni. A diákok önálló kísérleteit és irodalmi kutatásait egy kb. 50 oldalas írásos dokumentumban kellett összefoglalni, a munka egyes fázisait bemutató képekkel illusztrálva, CD-melléklettel.

A következőkben a soproni BDEG 9.C osztálya által készített, a zsűri által különdíjban részesített pályaművet (VCÖ, 2009a) ismertetem, melynek címe „Worüber erzählt die Brausetablette?” (Miről mesél a pezsgőtabletta?).

1.1. A pályázat célkitűzései

Az osztály számára a kitűzött feladat – a pezsgőporok/tabletták sajátosságainak ismeretét felhasználva – a kémiai egyensúly, ezen belül a sav-bázis egyensúlyok témakörének feldolgozása volt – német nyelven. Nemzetiségi osztályról lévén szó, a német nyelv használata nem jelentett elsősorban problémát. Sajnos, a kémiát nem németül tanulják, ezért kémiai szakszókincssel nem rendelkeztek a tanulók. Mivel a vezetőtanár nem tud németül, maradt a német nyelvű kémia tankönyvekből történő tanulás (Botsch és mtsai, 1984, Ernst és mtsai, 2005). Ennek eredményességét a projektmunkát bemutató iskolai német nyelvű előadás és a projektnapló színvonala bizonyította.

A pályázatra történő jelentkezés után egy háromfős szervezőcsapatot neveztünk ki. Ők azonnal nekiláttak a részfeladatok megfogalmazásához.

Ezek között szerepelt:

- interjú készítése a soproni „Segítő Mária” Gyógyszertárban;
- irodalmazás, internetes anyaggyűjtés (a pezsgőporok/tabletták története, összetétele, használata);
- bemutató- és tanulókísérletek a pezsgőporok/tabletták kémiai sajátosságainak megismerésére (a víz és a savi erősség szerepe a pezsgés létrejöttében);
- a kémiai egyensúlyi folyamatok matematikai összefüggéseinek feltárása;
- kvantitatív analitikai mérések (egy pezsgőtabletta kalciumtartalmának és az ecetsav disszociációs állandójának meghatározása).

2. A projektben feldolgozott témák – kísérleti rész

Választott témánk – a kémiai egyensúly – az átlag tanuló számára megfoghatatlan, túl elméleti, a mindennapoktól nagyon távol áll. Ennek következtében nem is fektetnek kellő energiát a folyamat megértésére. Tervem az volt, hogy egy olyan, szinte mindennapos esemény segítségével, mint a pezsgőtabletták feloldása, vezessem rá a tanulókat a kémiai egyensúlyok fontosságára.

A vizsgálatok megkezdése előtt a szervezőcsapat tagjai előkészítették a gyógyszerügyi látogatást, kiosztották az irodalmazási témákat, a kísérletek és mérések elvégzése érdekében felvették a kapcsolatot a Nyugat-magyarországi Egyetem Kémiai Intézetével és a 11. évfolyamos kémiai fakultációs csoporttal. Az osztály tagjai elkezdtek a német kémiai szaknyelv elsajátítását; többen vállalták a mérési feladatok szövegének fordítását, a projektnapló vezetését. Januárban a szervezőcsapattal vettük át a Városmajori Gimnáziumban – a résztvevő másik három csapattal együtt – a szponzorok ajándékát, egy 1000 euró értékű laboratóriumi felszerelést (*Projekthilfen*, 2009) (az ajándéknak nagy hasznát vettük a későbbiekben).

2.1. Pezsgőporok/tabletták a mindennapi életben

A reklámok célzott figyelésével, valamint az internet böngészésével a diákok hamar rájöttek, hogy a pezsgőtabletták/porok nemcsak a gyógyászatban használatosak, hanem az élet számos területén megtalálhatók: gyógyszer, üdítőital, fürdősó, tisztítószer egyaránt kapható.

Felhasználásától függetlenül valamennyi pezsgőpor és -tabletta két fő komponenst tartalmaz: egy szilárd szerves savat (leggyakrabban citromsavat vagy borkósavat) és egy gázképzőt (általában nátrium-hidrogén-karbonátot vagy kalcium-karbonátot) (*WEB-1*). A többi összetevő már egyedi. Pl. a gyógyszereknél a hatóanyag, a fürdősóknál az illatanyag, a detergens, a vízlágyító, míg az italoknál az íz- és illatanyag, a cukor.

Régi receptkönyvekben keresgélve találtak a házilag is elkészíthető pezsgőfürdő-tabletta összetételével (*Inzelt*, 1967), amelyben a főkomponensek mellett detergenst, fertőtlenítőszer, illatanyagot és némi festékanyagot alkalmaznak. A megvásárolható pezsgőfürdő kellemes

relaxáló hatása mellett kedvező a porban levő citromsav bőrpoló sajátsága is (*WEB-2*).

Üdítőitalok alapanyagául pedig pezsgőtabletták és pezsgőporok sokasága szolgál. Reklámja szerint „Ideális a gyerekeknek ez az alkoholmentes frissítő! Kevés cukrot, sok C-vitamint és kalciumot tartalmaz.” (*WEB-3*).

A tisztítószer-pezsőpor vagy -tabletta használata pedig legyen egyszerű, és hatása gyors, mint ahogy a reklámfilm bemutatja (*videó1*).

2.1.1. Pezsgőporok/tabletták gyógyászati alkalmazása

A gyógyszerügyi beszélgetés során a diákok megtudták, hogy a pezsgőtabletta, illetve a pezsgőpor napjainkban általánosan elterjedt gyógyszerforma:

- Főleg olyan esetekben alkalmazzák, ha a hatóanyag mennyisége olyan nagy, hogy a belőle készült tablettát nem lehetne lenyelni (elsősorban láz- vagy fájdalom-csillapítóként, valamint vitaminok, illetve kalcium bevitelére használják).
- Kedvező ez a kiszerezési forma akkor is, ha olyan komponenseket tartalmaz a tabletta, amelyek érzékenyek a kémhatásra (pl. aminosavak, antibiotikumok).
- Különböző ízesítéssel a hatóanyagok kellemetlen íze csökkenthető, vagy elnyomható.
- Használatukat az is indokolja, hogy az oldatban bejuttatott hatóanyag felszívódása gyorsabb, mint a tablettákból.

A beszélgetés olyannyira felkeltette érdeklődésüket, hogy különböző irodalmi források alapján tájékozódtak: a pezsgőtabletták mióta és milyen gyógyszerek esetében használatosak? Felismerték, hogy mennyire fontos a hatóanyag pontos mennyiségének ismerete, ezért a tervezett feladatokat kiegészítették egy kalciumtartalmú pezsgőtabletta tényleges Ca-tartalmának meghatározásával.

2.2. Történeti áttekintés

A diákok felkutatták, hogy az első pezsgőport a gyógyászatban alkalmazták – Seidlitz-por néven. A por névadója a csehországi Seidlitz nevű falu, amelynek forrásvizében F. Hoffmann felfedezte a keserűsöt (*Fülöp*, 1942). A Seidlitz-por alkalmazásáról írásos feljegyzéseket a 19. század

elejéről találtak. Egy 1817-ben keltezett angliai magánlevélben azt írják, hogy patikában kapható ez a gyógyszer (WEB-4). Az 1800-as évek közepén kiadott lexikonokban is szerepel az összetétele, tárolása (Pierer's, 1867, Meyers, 1888). Az amerikai porban borkősav és szódabikarbóna (U.S.P. 1870), míg az Európában használatos keverékben ezeken kívül kálium-nátrium-tartarát is volt (Pierer's, 1867). A készítmény külön tasakban tartalmazta a savat és a szódabikarbónát. Gyógyászati felhasználását a tartarát hashajtó hatása indokolta. Az egyes gyógyszerkönyvek és gyógyszerktan tankönyvek még a 20. században is említik (pl. Isekutz, 1957-59).

A diákok azt is kiderítették, hogy az első gyógyszerként használt pezsgőtabletta az Alka-Seltzer® volt, amely 1931-ben került forgalomba (WEB-5). Szülőhazájában, az Egyesült Államokban, napjainkban is megmaradt a legismertebb és legnépszerűbb fájdalomcsillapítónak. A tablettát acetilszalicilsavat, citromsavat és nátrium-hidrogén-karbonátot tartalmaz. Az Alka-Seltzer®-nek számos reklámfilmjét találták a diákok a weboldalakon. Ezek közül a leghíresebbet „Speedy” bábfigurája alakítja (video2). Váratlan felfedezés volt számukra, hogy az 1950-es években készült reklámfilm-sorozat producere az Oszkár-díjas magyar származású Pál György (WEB-6) volt. Rábukkantak, hogy a ceglédi születésű Marincsák György Pál kezdetben a Hunnia Filmstúdióban dolgozott. Európa több országában megfordult. Londonban „Puppetoons” néven sajátos bábkészítési módszert dolgozott ki. Végül az USA-ba emigrált, és az animáció, a bábműfaj, a speciális effektusok nagymestere volt (Kenyeres, 1994).

Az üdítőital pezsgőporok karriere 1925-ben kezdődött, amikor a stuttgarti Theodor Beltle borkősav és szódabikarbóna keverékéből gyártani kezdte a citrom vagy narancs ízesítésű „buborékos” limonádé alapanyagát, az Ahoj-Brause-t (WEB-7).

2.3. A pezsgőporok/tabletták működése

Közönséges körülmények közt, vagyis ha a pezsgőtablettát vízbe teszünk, a tablettából buborékok ezrei indulnak a folyadék felszíne felé. A tankönyvi megfogalmazás szerint (Ernst, 2005 p.161-162.) a folyamat magyarázható azzal, hogy a tablettát savkomponense (erősebb sav) sójából felszabadítja a gyengébbet (szénsav). Pl. borkősav és szódabikarbóna reakciója:



Ez az általánosan használt felírás azonban a diákok számos kérdésével vetette fel:

- A savak és sók reakciója miből érzékelhető?
- A pezsgőpor/tabletta átalakulás nélkül nagyon hosszú ideig tárolható. Komponensei miért nem reagálnak egymással?
- Vízmentes oldószert használva történik-e változás?
- Mit jelent a szerves sav kifejezés?
- Milyen szerepe van a savak erősségének, és az erősség hogyan befolyásolja a reakció lefutását?
- A komponensek oldhatósága milyen hatással van a pezsgés intenzitására?

A pezsgőtabletták működésével kapcsolatban a diákok ismét érdekes kérdéseket tettek fel, amikor internetes szörfölésük során rábukkantak egy NASA-kísérletet bemutató videóra (video3), amelyben azt illusztrálták, hogy a súlytalanság állapotában egy vízgömbbe helyezett pezsgőtabletta pezsgése egy idő után leáll.

- Mi akadályozza meg, hogy a pezsgőtabletta teljesen elreagáljon?
- A pezsgőporok/tabletták működésének kémiai folyamatai leírhatók-e általános matematikai összefüggésekkel?

2.3.1. Savak és sók reakciója

A sók és sav reakcióját három modellkísérlet elvégzésével tanulmányozták a diákok.

Három főzőpohárba rendre nátrium-hidrogén-karbonát-, nátrium-acetát- és nátrium-szilikát vizes oldatát tették, majd mindegyikhez 10 százalékos sósavat öntöttek.

A vizsgálatot az osztály összes tanulója elvégezte, a munkáról jegyzőkönyvet készítettek. Megfigyelték a reakcióban keletkező gyenge savak jelenlétét: a szénsav bomlását, az ecetsav illatát, a kovasavgel kicsapódását.

2.3.2. A víz szerepe

Néhányan bemutató kísérletet végeztek annak igazolására, hogy a pezsgőporok/tabletták pezsgése csak vizes közegben játszódik le, megfigyeléseiket jegyzőkönyvben rögzítették.

a) Három főzőpohárba rendre *n*-heptánt, acetont és metanolt öntöttek, majd mindegyikbe pezsgőtablettát (Calcium-D-Sandoz, Multivitamin, vagy C-vitamin 1000 mg) helyeztek. Kellő várakozási idő után a keverékekhez vizet adtak.

Megfigyelték, hogy a pezsgés mindegyik esetben elmaradt. Metanolban a színyanyagok fokozatosan kioldódtak, és a tabletták egyszerűen szétesett. Víz hozzáadása után az apoláris *n*-heptánt tartalmazó pohárban két fázis alakult ki, és a víz hatására mindegyik pohárban intenzív gázfejlődés indult meg.

b) Három főzőpohárba ismét rendre *n*-heptánt, acetont és metanolt öntöttek, majd oldószerekhez jégcezetet adtak, és ebbe a keverékbe nátrium-hidrogén-karbonátot szórtak.

Ugyanazt a jelenséget, vagyis a pezsgés hiányát, figyelték meg. Hiába oldódik a jégcezet ezekben az oldószerekben, a szóda-bikarbonáttal láthatóan nem reagál.

2.3.3. A szerves savak erőssége és oldhatósága

A szilárd szerves savak szerepe nagyon fontos a pezsgés létrejöttében. A diákok azonban addigi tanulmányaik során legfeljebb a megnevezésekkel találkoztak (pl. borkősav, citromsav, aszkorbinsav). Sem összetételük, sem tulajdonságaik nem voltak ismertek.

A molekulák alakjának, és a funkciós csoportok térbeli elhelyezkedésének megismeréséhez, egy tanórai foglalkozáson a tanulók összeállították a pezsgőtablettákban általánosan használt szerves savak molekulamodelljeit. A feladatokhoz a szponzoroktól kapott MMS-AUST-61 „Molymod Custom Model Set” típusú modellkészletet használták.

A disszociáció, disszociációs állandó fogalmának tisztázása után a diákok a kikeresett irodalmi adatok (Mázor, 1971) alapján megfigyelték, hogy a pezsgőporokban/tablettákban előforduló savak erőssége minden esetben kb. három nagyságrenddel nagyobb, mint a szénsavé.

sav	K_1	K_2	K_3
citromsav	$8,7 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$
borkősav	$9,6 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	
szalicilsav	$1,06 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-14}$	

szénsav	$4,31 \cdot 10^{-7}$	$5,65 \cdot 10^{-11}$	
---------	----------------------	-----------------------	--

Az irodalmi adatok keresése során a diákok azt is észrevették, hogy a szalicilsav erőssége megegyező a pezsgőtablettákban használt savakéval, viszont oldhatósága nagyon kicsi ($0,18 \text{ g}/100 \text{ cm}^3 \text{ víz}$) (Mázor, 1966). Ezért tanulókísérlet során a pezsgőporok összetételével analóg porkeverékeket állítottak elő és vizsgálták a pezsgés erősségét.

Két főzőpoharat vízzel félig töltöttek, majd mindkettőhöz 1-1 kanálnyi előzetesen elporított borkősav, illetve szalicilsav és azonos mennyiségű szóda-bikarbona keverékét adták.

Megfigyelték, hogy a vízben jól oldódó borkősav és a szóda-bikarbona keveréke lesüllyed a pohár aljára és intenzív pezsgést eredményez. Ezzel szemben a vízben kevésbé oldódó szalicilsav és a NaHCO_3 keveréke úszik a víz felszínén, alig volt látható a gázképződés.

2.4. A savak erősségének és az ecetsav disszociációs állandójának meghatározása

Egy sav erőssége adott koncentrációban a disszociáció mértékével arányos. Vagyis a sósav és az ecetsav erősségének összehasonlításához a diákoknak az oldatban lévő oxóniumion-koncentráció és a savak analitikai koncentrációjának ismeretére volt szükségük. A vizsgálat két részből állt:

a) $\sim 10^{-1} \text{ mol}/\text{dm}^3$ sósav- és ecetsav-oldatok analitikai koncentrációjának meghatározása sav-bázis titrálással;

b) a $10^{-1} \text{ mol}/\text{dm}^3$ sósavból és ecetsavból 10^{-2} - $10^{-3} \text{ mol}/\text{dm}^3$ koncentrációjú oldatsorozat elkészítése, majd az oldatok pH-jának mérése.

A kb. $0,1 \text{ mol}/\text{dm}^3$ koncentrációjú ecetsav- és sósav-törzsoldatok pontos analitikai koncentrációját a 11. évfolyamos diákok magyar nyelvű leírás alapján (Schulek, 1971) fakultációs órájukon határozták meg (amit a projektnaplóhoz utólag fordítottak le a diákok). A fakultációs csoport mérési adataiból a diákok tanórán a LEGO®-elv alapján (Molnár, 2005) számoltak eredményt.

Három diák a sósav és ecetsav törzsoldatból pontos hígítással $\sim 0,01$ és $\sim 0,001 \text{ mol}/\text{dm}^3$ koncentrációjú oldatokat készített. A pH-mérést az eszközcsomagban kapott pH-mérő készülékkel (VWR pH100 típus) végezték el. Megismerték a készülék kezelését

(VWR Manual), kalibrálták, majd sorban megmérték az oldatok pH-ját. Mérési adataikat jegyzőkönyvben rögzítették.

Mivel tanulók a logaritmus összefüggéseit még nem tanulták matematikából, segítséget kértek, hogy az oldatok pH-jából kiszámoljam az oldatok oxóniumion-koncentrációját. A disszociációfok és disszociációs állandó képletébe behelyettesítették a megfelelő koncentrációk adatát, és elvégezték a műveletet. Az alábbi értékeket kapták:

sósavoldatok			
c (mol/dm ³)	pH-érték	$[H_3O^+]$	α
$1,3808 \cdot 10^{-1}$	0,99	$1,023 \cdot 10^{-1}$	0,741
$1,3808 \cdot 10^{-2}$	1,86	$1,380 \cdot 10^{-2}$	0,999
$1,3808 \cdot 10^{-3}$	2,86	$1,380 \cdot 10^{-3}$	0,999

ecetsavoldatok			
c (mol/dm ³)	pH-érték	$[H_3O^+]$	α
$1,5511 \cdot 10^{-1}$	2,76	$1,738 \cdot 10^{-3}$	0,011
$1,5511 \cdot 10^{-2}$	3,29	$5,129 \cdot 10^{-4}$	0,033
$1,5511 \cdot 10^{-3}$	3,81	$1,549 \cdot 10^{-4}$	0,100

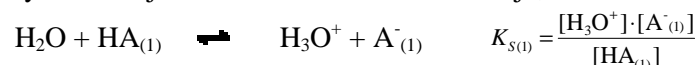
$$K_s = \frac{[H_3O^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H_3O^+]^2}{c - [H_3O^+]} = 1,82 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

A disszociációfokra és disszociációs állandóra kapott eredmények alapján a diákok felismerték, hogy azok értéke összefüggésben van a savak erősségével.

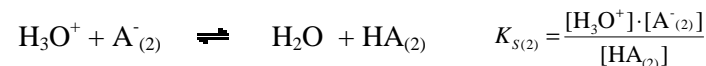
2.5. A sav-bázis egyensúlyok matematikai összefüggései

A pezsgőtabletta sav és só komponense, valamint a víz között lejátszódó összetett reakciósort a diákok általános képletekkel (egyértékű savra és sóra) vezették le, kiegészítve disszociációs állandók matematikai egyenleteivel.

Ha egy só oldatához savoldatot adunk, akkor egyidejűleg több egyensúlyi reakció játszódik le. A sav disszociációja,



és a só anionjának protonálódása:



A sav és a só analitikai koncentrációját – $c_{(1)}$ és $c_{(2)}$ – bevezetve, felismerték, hogy a disszociációs állandó egyenletében az anion-koncentrációk kifejezhetők a megfelelő szabad sav analitikai és egyensúlyi koncentrációjával:

$$K_{s(1)} = \frac{[H_3O^+] \cdot (c_{(1)} - [HA_{(1)}])}{[HA_{(1)}]} \quad \text{és} \quad K_{s(2)} = \frac{[H_3O^+] \cdot (c_{(2)} - [HA_{(2)}])}{[HA_{(2)}]}$$

Ezekből – az oxóniumion egyensúlyi koncentrációját kifejezve, és az összefüggések egyenlővé tétele után –

$$\frac{K_{s(1)} \cdot [HA_{(1)}]}{c_{(1)} - [HA_{(1)}]} = \frac{K_{s(2)} \cdot [HA_{(2)}]}{c_{(2)} - [HA_{(2)}]}$$

arra a következtetésre jutottak, hogy a szabad savak egyensúlyi koncentrációja csak a savi állandók és a bemérési koncentrációk nagyságától függ:

$$\frac{K_{s(1)} \cdot [HA_{(1)}]}{K_{s(2)} \cdot [HA_{(2)}]} = \frac{c_{(1)} - [HA_{(1)}]}{c_{(2)} - [HA_{(2)}]}$$

A matematikai levezetés eredménye a diákok számára is érthető magyarázatot adott a kísérletek során tapasztalt jelenségekre. Vagyis, hogy egy sav és egy só vizes oldatának rendszerében lejátszódó egyensúlyi folyamatokat a savi disszociációs állandók, a reakcióban szereplő sav és a só bemérési koncentrációja, valamint a másodlagos folyamatok határozzák meg.

2.6. Calcium-D-Sandoz pezsgőtabletta hatóanyagának meghatározása

Számos pezsgőtabletta fontos komponense valamilyen kalciumtartalmú vegyület, amelynek adagolásához szükséges a pontos tartalom ismerete. Felkeltette a diákok kíváncsiságát, hogy hogyan lehet a pezsgőtablettában lévő kalcium mennyiségét megmérni.

Mivel a komplexképződés és a komplexometriás titrálás nem szerepel a gimnáziumi tananyagban, az elvek megismerésére külön foglalkozáson került sor. Ennek során a diákok elkészítették az etiléndiammin-tetraecetsav molekula, valamint a kalcium-edetát-komplex

modelljét is. Eszközök és anyagok hiányában a Calcium-D-Sandoz pezsgőtabletta analízisét a 11. évfolyamos diákok a Nyugat-magyarországi Egyetem Kémia Tanszékének laboratóriumában, fakultációs órájukon végezték el. A vizsgálathoz szükséges pezsgőtablettatörzsoldatot, a nátrium-edetát mérőoldatot és a reagenseket a csoport készen kapta.

A törzsoldatból munkaoldatot hígtottak, majd az oldat kalcium-tartalmát komplexometriás titrálással, magyar nyelvű leírás (Sajó, 1973) alapján határozták meg.

A fakultációs csoport analízis adataiból a 9.-es diákok a LEGO®-elv használatával számították ki a pezsgőtabletta kalcium-tartalmát. Eredményük jó egyezést mutatott a gyártó által megadott hivatalos hatóanyag-tartalommal.

2.7. A pályázati album elkészítése

Az irodalmi kutatások és a kísérleti munka összegzéseként német nyelven egy iskolai bemutató előadást tartottak a diákok, amit a projektnapló összeállítása, az elvégzett feladatok fényképekkel dokumentált írásos megfogalmazása követett.

2.7.1. Bemutató előadás

A kitűzött tennivalók lezárásaként a diákok egy 30 percre tervezett, német nyelvű előadás anyagát állították össze, amelyben a kísérletek, és azok eredményeinek bemutatása volt az elsődleges cél. Az előadáshoz több meghívóvázlatot is készítettek, de csak a végleges változat került a hirdetőtáblára és az iskolai web-oldalra (WEB-8).

A „Power Point” prezentációhoz a diákok választották ki a megfelelő háttér, betűalakot és színt. A bemutató diáinak sorrendjét témakörök szerint csoportosították, és az előadás végleges szövegét szakmai és nyelvi szempontok szerint többször megvitaták.

Az előadásra az iskola dísztermében került sor, ahol közel 150 vendég jelent meg. A tanárok és szülők mellett a város német nemzetiségi tanulói érdeklődve várták a prezentációt, hiszen számukra is érdekes volt németül megismerni a kémia szaknyelvét.

Az eredmények bemutatásához a diákok a projekt munka során készített fényképfelvételek sokaságából válogattak. A száraz tényeket a

pezsgőporok/tabletták történeti érdekességei, reklámjaik videó részletei, valamint a helyszínen elvégzett kísérletek tették színesebbé.

Az előadásról (melyről videofelvétel is készült) Sopron Város internetes újságja a projektvezető tanárral készített riportban és fényképgaléria bemutatásával számolt be (WEB-9).

2.7.2. A projektnapló

A projektpályázat összeállításában a legnehezebb szakaszt a dokumentáció elkészítése jelentette, mert az elvégzett kísérletek és mérések, valamint eredményeik német nyelvű bemutatása, összegzése igen bonyolult feladatnak mutatkozott a diákok számára. A projektvezető segítségével megállapodtak az album összefűzésének sorrendiségében, és hogy mely képek kerüljenek be a mappába.

A formai követelményeket betartva végül egy 69 oldalas német nyelven írt dokumentációt készítettek el, ami 39 irodalmi hivatkozást tartalmazott. Az írásos anyagot a bemutató előadás 65 diaképe, a képanyag elektronikus gyűjteménye, valamint videofelvételek egészítették ki.

2.7.3. Poszterkészítés

A pályaművek értékelése során a zsűri különdíjra jelölte a projektmunkát, és egy poszter elkészítését írta elő a csoport számára, amit a 10. Europäischer Chemielehrer/innenkongress keretében kellett bemutatni (VCÖ, 2009a). A szerteágazó témát és a sok kísérletet, mérést egyetlen poszteren összegezni nem volt könnyű feladat. A poszter ugyan nem tudta visszaadni az elmúlt három hónap tanóráinak és tanórán kívüli együttléteinek hangulatát, de az elvégzett munkáról hűen számolt be.

3. Megállapítások és eredmények

A projekt munka során a 9.C osztály tanulói megvizsgálták, hogy milyen reakció játszódik le, amikor a pezsgőtablettát vízbe tesszük, és feltárták a folyamathoz szükséges kémiai feltételeket.

Irodalmi kutatás

A diákok számos reklám és hirdetés összegyűjtésével tanúsították, hogy a pezsgőtabletták/porok a gyógyászatban, az élelmiszerek, valamint a tisztító- és tisztálkodási szerek között egyaránt megtalálhatók.

A pezsgőtablettákról és porokról számos érdekességet ismertek meg, többek közt a pezsgőtabletták reklámtörténetének hazai vonatkozásait, vagy a NASA súlytalanságban végzett kísérleteit.

A kísérletek kiválasztásához részletesen tanulmányozták a német nyelvű szakirodalmat és internetes forrásokat, ami jelentősen fejlesztette kémiai szókincsüket.

Pezsgőtablettával végzett kísérletek

A tanulók a projekt munka során megismerkedtek a biztonságos laboratóriumi munkavégzés szabályaival, és jártasságot szereztek a laboratóriumi eszközök helyes használatában.

Kísérletekkel igazolták, hogy a pezsgőtablettának legalább az egyik komponensét fel kell oldani ahhoz, hogy a reakció megfelelő sebességgel végbemenjen (ha mindkét reakciópartner szilárd fázisban van, a reakció nem, vagy csak nagyon lassan játszódik le).

Magyarázatot találtak arra, hogy a súlytalanság állapotában végzett kísérlet során miért áll meg a reakció (a keletkező szén-dioxid nem távozik el, hanem védőburkot hoz létre a pezsgőtabletta és a víz között, ezért sem a sav, sem a nátrium-hidrogénkarbonát nem tud a továbbiakban oldódni).

Bizonyították, hogy vízmentes oldószerben a gázfejlődés elmarad, a kémiai reakció nem játszódik le. Szükséges a víz jelenléte. Azaz a víznek kiemelkedő szerepe van a kémiai reakció létrejöttében, és nem csupán oldószerként, hanem mint reakciópartner vesz részt a folyamatban.

Bemutatták, hogy víz helyett nem használható olyan oldószer, amelyben a sav nem disszociál, azaz az oldószer és a sav között nem játszódik le hidrogénion átadás. (Ezért heptánban sem a pezsgőtabletta nem pezseg, sem az ecetsav nem lép reakcióba nátrium-hidrogénkarbonáttal.)

Savak erőssége, disszociációs állandó

Megismerték a disszociációs állandó meghatározásának módszerét, és méréseik adataiból kiszámították az ecetsav disszociációs állandóját. Számított eredményük ($K_s=1,82 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$) jó egyezést mutatott az irodalmi értékkel (Mázor, 1971): $1,753 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$.

Méréseikkel igazolták, hogy a sósavban teljes a disszociáció, de az ecetsav oldatban nem, azaz a sósav erős sav, az ecetsav viszont nem.

Matematikai úton levezették és kísérlettel is igazolták, hogy a disszociáció és a protonálódás mellett lejátszódó másodlagos folyamatok határozzák meg, hogy a sav és só vizes oldatának rendszerében mi fog történni. (Amennyiben az egyik sav távozik a rendszerből – csapadékképződés, illékonyág, bomlás következtében – az egyensúly eltolódik, azaz a reakció teljessé válik).

Analitikai mérések

A fakultációs csoport megismerte az analitikai mérések gondos kivitelezésének módját. Az általuk precízen elvégzett sav-bázis titrálás és komplexometriás kalciumtartalom-meghatározás a projekt munka fontos kiegészítő eleme volt.

4. A projekt munka hozadéka

A VCÖ által meghirdetett pályázat a 2008/2009 tanévben lehetőséget adott a 9.C német nemzetiségi osztálynak, hogy részt vegyenek egy nemzetközi versenyben. A projekt munkát a PlasticsEurope és a Richter Gedeon Rt támogatta egy 1000 euró értékű eszközkészlettel, amely többek között pH-mérő készüléket, mágneses keverőt és molekulamodell-készleteket tartalmazott.

A diákok a célkitűzésben megfogalmazott feladatokat maradéktalanul elvégezték, és munkájukról a pályázati feltételekben rögzített módon beszámoltak. A pályamunkát az értékelő zsűri kiválóan minősítette, és különdíj odaítélésével jutalmazta (VCÖ, 2009b).

Az eredmények elsődleges hasznosulása a pályázatban részt vevő osztályközösségnél és fakultációs csoportnál jelentkezett. A tanórán és azon kívül együtt végzett feladatok közösségépítő és önbizalom-fejlesztő hatása jelentős. Megmutatkozott, hogy kik azok a vezéregyéniségek, akik alkalmasak az irányításra, és társaikat is be tudják vonni a munkába. Sajnos, az is kiderült, hogy vannak önjelölt hangoskodók, akik mindent elvállalnak, és semmit nem végeznek el – veszélyeztetve a pályázat eredményességét.

A német kémiai szaknyelv megismerése, a fordítások szakszerűségének igénye a magyar nyelven megfogalmazott ismeretekre is hatással volt. A projektnaplóban rögzített események leírása, illetve a fakultációs csoport analitikai méréseinek fordítása során egy-egy szó vagy nyelvi fordulat megfelelő alkalmazása gyakran a diákok hosszú vitáit eredményezte, ami valamennyiük nyelvtudásának bővülését szolgálta.

A diákok számára a legnagyobb kihívást a német nyelven tartott előadás jelentette. Az elvégzett munka eredményeit közönség előtt idegen nyelven bemutatni még a felnőttek számára sem mindig egyszerű. A prezentáció megszerkesztése, az illusztráló képek kiválasztása, valamint a helyszínen bemutatott kísérletek összeállítása egyaránt jó előkészítést, összehangolt csapatmunkát igényelt. A kezdeti aggodalmat és izgalmat hamar elfeledtette az előadás sikere, mint arról Sopron Város internetes újságja is beszámolt (WEB-9).

A laboratóriumi mérések és kísérletek közben szerzett gyakorlati tapasztalat a diákok manuális készségének, valamint munkaszervezés és irányítás készségének fejlesztéséhez járult hozzá. Kialakult az egymásra figyelés igénye, nem egymás mellett, hanem együtt dolgoztak.

A tananyagrészt önálló feldolgozása, elsajátítása során – valamint a csapatmunka révén – számos jellemformáló készség birtokába jutottak a diákok. Önmagukkal szembeni igényességüket tükrözi az a mód, ahogy az eseményeket a naplóban rögzítették, vagy, ahogy a díjátadóra készített poszteren eredményeiket bemutatták.

A kémiai egyensúly – aminek témája nem könnyen elsajátítható – már nem száraz tankönyvi fejezet volt számukra, hanem olyan folyamat, amivel a hétköznapi életben is találkozhatnak. Ahogy előadásuk végén megfogalmazták: „Az előadásból remélem kitűnt, hogy egy olyan, sokak által látott, de kellően nem tanulmányozott esemény, mint a pezsgőtabletták pezsgése, mennyi érdekes dologra hívja fel a figyelmet. Az sem mellékes, hogy munkánk során sikerült megérteni, hogy a sav-bázis egyensúlyok nem csak a tankönyvek bebíflázandó tananyagai, hanem a mindennapi életünkben mindenhol jelen vannak.”

3. Irodalom

- Botsch, Walter, Erich Höfling & Jürgen Mauch (1984): **Chemie in Versuch, Theorie und Übung, Band 1**, Verlag Moritz Diestenweg, Frankfurt am Main · Berlin · München
- Ernst, Christine, Claudia Puhlfürst & Martina Schönherr (főszerk.) (2005): **Duden Basiswissen Schule – Chemie, DUDEN PAETEC Schulbuchverlag**, Berlin · Frankfurt a.M.
- Fülöp Zsigmond (1942): **A bölcsek köve**, Béta Irodalmi Rt. Kiadása, Budapest, 1942. p. 132.
- Inzelt István (1967): **Vegy receptek**, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 752-753.
- Id. Isekutz Béla (1957-59): **Gyógyszertan és gyógyítás I-III. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1957-59. I./p. 831.**
- Kenyeres Ágnes (főszerk.) (1994): **Magyar Életrajzi Lexikon A-Z (1978-1991)**, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1994. p. 692.
- Mázor László (1966): **Szervekémiai analitikai kézikönyv**, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, pp. 588-589.
- Mázor László (szerk.) (1971): **Analitikai zsebkönyv.**, Műszaki Könyvkiadó, 4. javított kiadás, Budapest, pp. 140-145.
- Meyers Konversations-Lexikon (1888–1889): **Eine Encyclopädie des allgemeinen Wissens**, Bibliographisches Institut, Leipzig, p. 368-369.
http://de.wikisource.org/wiki/Datei:Meyers_b3_s0368.jpg
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Meyers_b3_s0369.jpg
- Molnár József, Molnárné Hamvas Livia (2005): **A LEGO®-elvről diákoknak**, Középiskolai Kémiai Lapok, XXXII. 2005/4. pp. 329-339.
- Molnár József, Gazsi István (2008): **Kémiai elemek előfordulása a természetben**, XXIII. Kémiantanári Konferencia, Budapest, 2008. júl. 15-18. pp. 56-57.
- Pierer's Universal-Lexikon, Band 15. Altenburg 1862, S. 786.
<http://www.zeno.org/Pierer-1857/A/Seidlitz+Pulver>
- Projekthilfen (2009): Übergabe von Projekthilfen, *Chemie & Schule Salzburg* 27. 2009. Nr. 1. p. 35.
- Riedel Miklós (2009): **Magyar iskolák sikeres részvétele az osztrák kémiai projektversenyen**, *Magyar Kémikusok Lapja* 64, 6. szám, pp.200-201.
- Sajó István (1973): **Komplexometria**, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973. 195. o.
- Schulek Elemér, Szabó Zoltán László (1971): **A kvantitatív analitikai kémia elvi alapjai és módszerei**, Tankönyvkiadó, Budapest, 120-122. o.
- U.S.P. 1870: http://www.henriettesherbal.com/eclectic/kings/effervesc_pulv.html
- VCÖ (2008): **10. Projektwettbewerb des VCÖ – Chemie des täglichen Lebens**, <http://www.vcoe.or.at/verband/projekt.php>

- VCÖ (2009a): **Worüber erzählt die Brausetablette?** (poszter), 10.
Europäischer Chemielehrer/innenkongress, Salzburg, 15.-18. April 2009
- VCÖ (2009b): **Worüber erzählt die Brausetablette?** *Chemie & Schule Salzburg*
28. 2009. Nr. 1a. (Sondernummer zum 10. Projektwettbewerb des VCÖ) pp. 39.
- Video1 <http://www.youtube.com/watch?v=K3vNK8T6K70>
- Video2 <http://www.youtube.com/watch?v=rxYRhnBzp8U>
- Video3 <http://www.youtube.com/watch?v=qxk3VqZZBsw>
- VWR Manual: VWR International pH100 Operations Manual, p. Deutsch 2-7.
- WEB-1 <http://de.wikipedia.org/wiki/Brausetablette>
- WEB-2 <http://www.hamptonct.com/index.cgi/keywords=Effervescent%20Bath>
- WEB-3 <http://members.chello.at/dienesch/balero%20drink.htm>
- WEB-4 <http://www.victorianweb.org/previctorian/letters/brasefin.html>
- WEB-5 [http://www.viva.vita.bayerhealthcare.com/index.php?id=36&tx_ttnews\[tt_news\]=10761&cHash=4e7992fd8b](http://www.viva.vita.bayerhealthcare.com/index.php?id=36&tx_ttnews[tt_news]=10761&cHash=4e7992fd8b)
- WEB-6 http://en.wikipedia.org/wiki/George_Pal
- WEB-7 <http://www.openpr.de/news/91862/Wie-Oskar-Matzerath-zur-Ahoj-Brause-kam.html>
- WEB-8 <http://www.bdeg.hu/hirarchiv.php?id=959>
- WEB-9 http://portal.sopron.hu/Sopron/portal/front_show?contentId=6305