

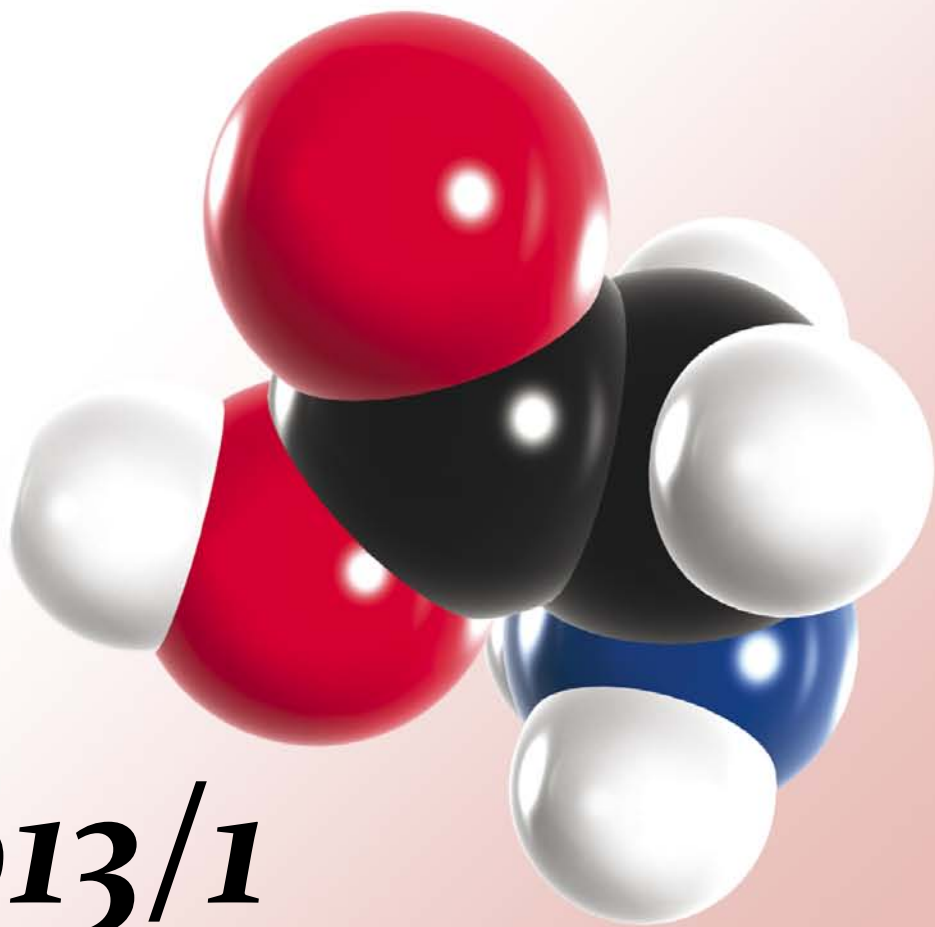
A KÉMIA

tanítása



MÓDSZERTANI FOLYÓIRAT

2013/1



A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Németh Veronika

A szerkesztő munkatársai:

Dr. Adamkovich István

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Szőke András

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

TARTALOM

Nem-kovencionálisnak gondolt, valójában nagyon is közönséges hidrogénkötések

Dr. Pálinkó István egyetemi docens,

SZTE Szerves Kémiai Tanszék, Szeged;

Dr. Sipos Pál, SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai

Tanszék, Szeged

Csapvíz arzénmentesítése otthon

Dr. Galbács Zoltán ny. egyetemi docens,

SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Szeged

Milyen szerepe van a kémiának a köölaj kitermelésében?

Tabajdi Réka doktorandusz hallgató,

SZTE Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék, Szeged

Kémia, történelem, irodalom – Könyvismertetés

Dr. Riedel Miklós ny. egyetemi docens,

ELTE Kémiai Intézet, Budapest

Theodore Gray Kémiai elemek című könyvéről – Könyvismertetés

Nánási Nikolett kémia BSc hallgató,

SZTE Kémiai Tanszékcsoport, Szeged

Kártyázzunk kvarkokkal a kémiaórán!

Törökne Csörgő Judit

tanárjelölt, ELTE TTK, Budapest

Roadshow 2012

Örvendetes hírek

Dr. Szalay Luca egyetemi adjunktus,

ELTE Kémiai Intézet, Budapest

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 3100 karakter/oldal). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképet külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Dr. Pálinkó István – Dr. Sipos Pál

Nem-kovencionálisnak gondolt, valójában nagyon is közönséges hidrogénkötések

Másodlagos kötőerők fajtái, definíciók

A molekulák szilárd, folyadék és gáz halmazállapotban többé-kevésbé rendezett szerkezeteket alkothatnak. A rendezettség mértéke általában szilárd fázisban a legnagyobb (ezen belül a kristályos szerkezetekben) és gáz halmazállapotban a legkisebb (ha egyáltalán van). A molekulahalmazokat másodlagos kötőerők tartják össze. Ezek általában gyengébbek (0–65 kJ/mol), mint a molekulákat alkotó atomok, ionos vegyületek esetén az ionok között ható erők (90–420 kJ/mol). A másodlagos kötőerők energetikai szempontból tovább oszthatók: < 8 kJ/mol kötési energia esetén van der Waals, ennél nagyobb kötési energia esetén pedig egyéb nemkovalens (hidrogén-, dihidrogén, dihalogén-, dikalkogénhid stb.) kölcsönhatásról beszélünk. Amint az látható, a másodlagos kötőerők általában gyengébbek, mint a kovalens kötés, de vannak kivételek: pl. ha a hidrogénhíd-kötés (vagy hidrogénkötés – a továbbiakban mindkét megnevezést használni fogjuk) egyik komponense ionos, akkor a kötéserősség akár a 40–190 kJ/mol tartományba eshet, amely már erősen átfed a kovalens kötésre jellemző energiatarományal.

A van der Waals kölcsönhatások három típusát különböztetjük meg. A legerősebb (~8 kJ/mol) a dipól-dipól (Keesom-féle) kölcsönhatás, gyengébb a dipól-indukált dipól (~5 kJ/mol) és a leggyengébb (~2 kJ/mol) az indukált dipól-indukált dipól kölcsönhatás. Az utóbbi kettőt Debye-féle, illetve diszperziós vagy London-féle kölcsönhatásnak is nevezzük.

A van der Waals erők gyengék, nagy hatótávolságúak, jelenlétük fontos szerkezetalkító hatású, igen nagy szerepük van molekulakristályok létrehozásában, például a London-erők teszik lehetővé a He cseppfolyósítását is.

A hidrogénhíd-kötés szerkezetalkító, esetenként szerkezetmeghatározó szerepének tárgyalását kezdjük a kötés definiálásával. Aakerőy és Seddon közleményének [1] második oldala ilyen definíciók felsorolását és kritikus értékelését tartalmazza. A szerzők megmutatják, hogy egyik definíció sem tökéletes, ők maguk sem tudnak ilyet adni, de a definíciókban mutatkozó ötletek együttese ad egy jól használható képet. Két definíciót idemácsolunk (fordításban), az egyiket történeti okokból [2], és azért, hogy megmutassuk, hogy milyen messze kerültünk ettől a definíciótól, a másikat [3] azért, mert ma ez a legjobban használható meghatározás.

Pauling (1940) [2]

Mostanában ismerték fel azt, hogy bizonyos körülmények között a hidrogénatom meglehetősen erősen vonzódik egyszerre két atomhoz, azaz mindkét kölcsönhatás kötésnek tekinthető. Ez a hidrogénkötés. Mostanra már felismerték [...], hogy a hidrogénkötés nagymértékben ionos jellegű, és kialakulása csak két nagy elektronegativitású atom között lehetséges. [...] Bár a hidrogénkötés nem egy erős kötés (a kötési energia [...] csak kb. 5 kcal/mol), mégis nagy szerepe van az anyagok tulajdonságainak meghatározásában.

Pimentel és McClellan (1960) [3]

A hidrogénkötés egy A-H funkciós csoport és egy B atom között akkor jöhet létre – a B

atom lehet ugyanabban vagy egy másik molekulában –, ha

- (a) bizonyíték van arra, hogy kötés jött létre (asszociátum jött létre vagy kelátképződés történt),
- (b) bizonyíték van arra, hogy ebben az új kötésben az A atomhoz kötött hidrogénatom valóban részt vesz.

Az „A” atomot a hidrogénkötésben résztvevő hidrogénatom donorjának, a „B” atomot a hidrogénatom akceptorjának nevezzük. Donorok a C, N, P, O, S, F, Cl, Br, és I, míg akceptorok a C=C, C≡C, arének, N, P, O, S, Se, F, Cl, Br és I atomok vagy atomcsoportok lehetnek.

Vegyük észre, hogy a Pauling-féle definícióhoz képest nagyon fontos változás az, hogy a szénatom szerepelhet donorként, és az olefin- és acetilénkötés, valamint az aromás rendszerek lehetnek akceptorok. Ha a kettőt kombináljuk, akkor kapjuk a CH...π kölcsönhatásokat. A CH...π kölcsönhatásokkal a továbbiakban nem foglalkozunk, csak annyit kívánunk megjegyezni, hogy szerkezetépítő szerepük nagyon fontos.

A C–H...O(N, S, Se, halogén) „nem-konvencionális” hidrogénkötések

A manapság oktatott középiskolás, sőt egyetemi tananyag fényében is meglepő lehet az a kijelentés, hogy a szénatom képes hidrogénhid-kötés donoratomjaként szerepelni. Pedig a C–H...O, C–H...N, C–H...S, CH...Se, C–H...Cl és C–H...F kölcsönhatásokról már régen bebizonyították, hogy léteznek, hogy azok hidrogénhidak, és hogy fontos szerkezetépítő szerepük van főként szilárd, de esetenként folyadék fázisban is. Sutor volt az első, aki először állította, hogy C–H...O kölcsönhatás létezik, és az hidrogénkötés [4, 5]. A két úttörő közlemény 1962-ben, illetve 1963-ban jelent meg. Több, mint két évtizednek kellett eltelnie, hogy a megállapítást és annak kiterjesztését más akceptorokra (N, Cl) a tudományos közvélemény elfo-

gadja. Ma már azonban az is jól ismert, hogy a C–H...S, C–H...Se és C–H...F hidrogénhid-kötések is léteznek, és fontos szerepük van a kristályszerkezetek kialakításában.

A C–H...X (ahol X lehet O, N, Cl, F, S, Se vagy π-rendszer) hidrogénhidak gyengék, a kötésenergiáik a 2–17 kJ/mol tartományba esnek. Bár e hidrogénkötések pontos kötési energiája erősen függ a kapcsolódás környezetétől, azaz a kölcsönhatásban résztvevő molekulától, annyi elmondható, hogy a C–H...O és C–H...N hidrogénhidak az energiatartomány felső, a többiek, különösen a C–H...Se, C–H...F és a C–H...π hidrogénhidak inkább az alsó részébe tartoznak. Az is látható, hogy a kötési energiatartomány alsó részén erős az átfedés a van der Waals kötések energiatartományával.

Természetesen az nem igaz, hogy hidrogénkötés feltétlenül kialakul, ha egy vagy több molekulában van C–H molekularészlet és O, N, Cl stb. akceptor. Ha valamilyen, például sztérikus okok miatt nem kerülnek a csoportok egymáshoz kellően közel, akkor nem alakulhat ki ilyen kölcsönhatás. Világos, hogy szükség van olyan kritérium(ok)ra, amely(ek) teljesülése esetén azt mondhatjuk, hogy valóban hidrogénkötéssel állunk szemben. A teljesítendő követelmény(ek) megfogalmazhatók energetikai alapon – eddig csak így tárgyaltuk a hidrogénkötéseket –, csak az a baj, hogy az esetleg létrejövő ilyen kötések energiája igen nehezen mérhető. Számolni lehetne ugyan, de a kapott eredmények erősen függenek a módszertől és a számolt molekulahalmaz méretétől is. Jóval egyszerűbb, és könnyebben ellenőrizhető követelmények fogalmazhatók meg geometriai paraméterek segítségével. Lényegében a kristályszerkezetekből nyert geometriai adatokkal dolgoztak a C–H...X hidrogénhidak létét kétségbevonhatatlanul bizonyító kutatók is (Kennard, Leiserowitz, Desiraju, Steiner és munkatársaik).

E kutatók munkáinak alapján **egy A–H...B kölcsönhatást hidrogénhid-kötésnek tekintünk, ha (i) a nehézatomok (a donor és**

az akceptor) közötti távolság kisebb, mint a nehézatomok van der Waals sugaraik összege, és (ii) ha az A-H-B szög nagyobb, mint 90° .

A két kritérium egyike a nehézatomok közötti távolságot hasonlítja a nehézatomok van der Waals sugaraik összegéhez. A hidrogén semmilyen paramétere sem szerepel. Ennek oka az, hogy a nehézatomok pozíciója könnyen meghatározható valamilyen diffrakciós technikával, míg a hidrogénatomoké nem. A röntgen-diffrakció „látja” a hidrogénatom elektronfelhőjét, míg a neutron-diffrakció az atommagot. Egyik sem „látja” azonban az egész hidrogénatomot. A nehézatomok van der Waals sugaraival az a probléma, hogy az irodalomban többféle érték található ugyanarra az atomra. Kialakult azonban egy olyan közmegegyezés, amely szerint a Bondi által közölt van der Waals sugarakat [6] használja (1. táblázat) a kutatók döntő többsége a hidrogénkötések, és a feltehetőleg ilyen kötésekkel összetartott rendszerek vizsgálatakor.

C	N	O	F	Cl
170	155	152	147	175

1. táblázat

Néhány atom van der Waals sugara pm-ben, Bondi szerint [6]

Érzelhető, hogy a távolságkritérium nagyon szigorú. Meg is próbálták ezt enyhíteni, azaz a hidrogénkötés és a van der Waals kölcsönhatás közötti határt „elmosni”, messze nem minden jelentős, e területen (is) ténykedő kutató öröme. A vita nyilván nem zárult le, a tanulság az lehet, hogy a hidrogénkötés és a van der Waals kölcsönhatás között az átmenet nem ugrásszerű, hanem folyamatos.

A másik követelmény a hidrogénkötés térbeli irányítottságát fejezi ki. A távolságkritériummal szemben az, hogy az A-H-B szög 90° -nál nagyobb legyen, nagyon könnyen teljesíthető, gyenge térbeli irányítottsgót megkövetelő kri-

térium. Így nyilvánvalóan a távolságkritérium teljesülése a fő szelekciós tényező akkor, amikor egy kötésről el kell dönteni, hogy az hidrogénkötés-e vagy sem.

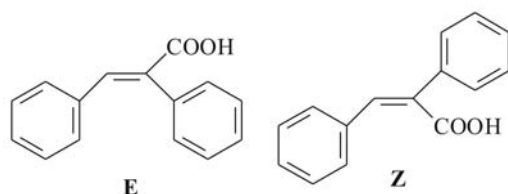
Amint azt már említettem, geometriai paramétereiket legegyszerűbben egykristályszerkezetekből lehet nyerni. Kisebb szerves molekulák egykristályainak röntgenszerkezetét a Cambridge Structural Database (CSD) gyűjti [7]. A kristályszerkezetek térítés ellenében hozzáférhető, és különféle szoftverekkel (köztük a Cambridge Crystallographic Data Centre [CCDC] által kidolgozott és folyamatosan frissített programcsomaggal) akár az egyedi kristályszerkezetek is vizsgálhatók, akár statisztikai elemzések is készíthetők. Az adatbázis sok esetben egy anyag különféle polimorfjainak egykristályszerkezetét is tartalmazza. A polimorfok igen eltérő szerkezetűek is lehetnek: ha hidrogénkötések a szerkezetmeghatározó erők, akkor a kötésrendszer is lényegesen eltérő lehet. Nyilvánvalóan a hidrogénkötések vizsgálatának egyik alapforrása az adatbázisban összegyűjtött egykristályszerkezetek voltak régebben, és azok mostanában is.

Az eddigiekből talán látható, hogy hidrogénkötések vizsgálata leggyakrabban kristályszerkezetek tanulmányozásával folyt és folyik, az alkalmazott módszer pedig az egykristály röntgen- és/vagy neutron-diffrakció, de hidrogénkötések előfordulására nincs fáziskorlát, és vizsgálatukra is jónéhány egyéb eszköz áll rendelkezésre. A diffrakciós módszerek közül az elektrondiffrakció ad geometriai adatokat gázfázisú kölcsönható, akár hidrogénkötés(ek)kel összetartott molekulákról. Az NMR (mágneses rezonancia) spektroszkópia nagyon alkalmas mind szilárd-, mind folyadékfázisú aggregátumok vizsgálatára. A rezgési spektroszkópiák (Raman és infravörös) nagyon jól használhatók hidrogénhidakkal összetartott rendszerek tanulmányozására szilárd-, folyadék- és gázfázisban egyaránt. A rotációs spektrumok is hasznos információkat szolgáltatnak az adduktok geometriai adatairól. Az aggregátumok szerkezetéről

különösen sok mindent megtudhatunk, ha a rendszert többfajta kísérleti módszerrel is megvizsgáljuk, például elektrongerjesztési, szilárd NMR és röntgendiffrakciós módszerekkel egyaránt. A vizsgálatok információtartalma még tovább nőhet, ha a kísérleti módszereket molekulamodelllezési számításokkal egészítjük ki.

Példák C–H...O hidrogénhidakkal összetartott rendszerekre

A hidrogénhíd-kötések szerkezetalkító szerepét α -fenil-fahéjsav izomer (*E*- és *Z*-2,3-difenilpropénsav) modelleken mutatjuk be (1. ábra).



1. ábra
Az α -fenil-fahéjsav izomerek

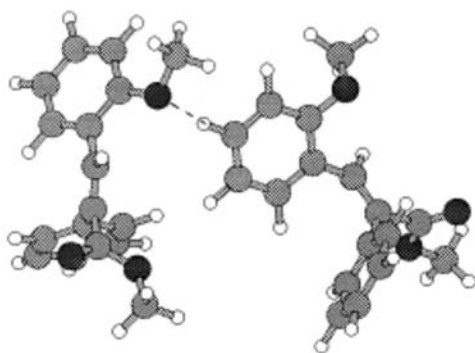
A molekulák könnyen előállíthatók módosított Perkin-kondenzációval. A termékelegy az *E*-izomerből mindig jóval többet tartalmaz, mint a *Z*-ből.

Oldatban semelyik izomer sem képez C–H...O intermolekuláris hidrogénhíd-kötéssel összetartott aggregátumot. Természetesen a karboxilcsoportok között van O–H...O hidrogénhíd oldatban és szilárd állapotban egyaránt.

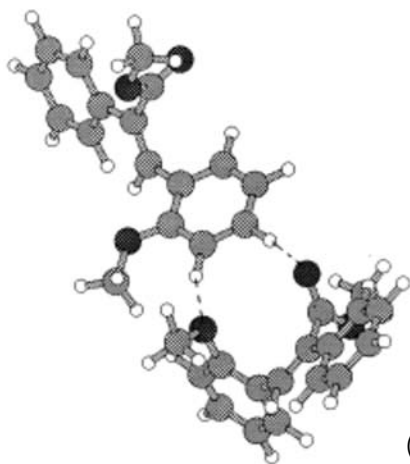
Szilárdfázisban többféle kísérleti módszerrel kimutatható hosszútávú rendezettség. Az alapegységként funkcionáló dimereket (aromás) C–H...(karbonil)O intermolekuláris hidrogénkötések tartják össze, de nincs jele (olefinés) C–H...(karbonil)O hidrogénkötésnek.

A CSD adatbázisban [7] összegyűjtött fahéjsav-származékok kristályszerkezeteit tanulmányozva kiderül, hogy savak esetén az alapegység mindig a két O–H...O hidrogénkötéssel összetartott dimer (ezt persze így is vártuk). A dimer egységek (aromás)C–H...O hidrogénhidakkal kapcsolódnak, ahol az akceptor vagy

a karbonil-, vagy az alkoholos hidroxilcsoport oxigénje. Az olefinés proton csak akkor lép C–H...O intermolekuláris hidrogénhidas kölcsönhatásba, ha a β -fenilcsoporton van oxigéntartalmú szubsztituens (például nitrocsoport). Észterek esetén (nyilván) nincs dimerizáció, de itt is van C–H...O hidrogénkötésekkel vezérelt hosszútávú rendezettség. A C–H egység szénatomja lehet aromás, alkoholos és itt olefinés is. Intermolekuláris (aromás)C–H...O hidrogénkötést mutat be α -fenil-fahéjsav metilészterekben a 2. ábra.



(a)

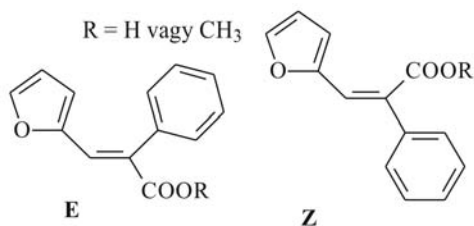


(b)

2. ábra

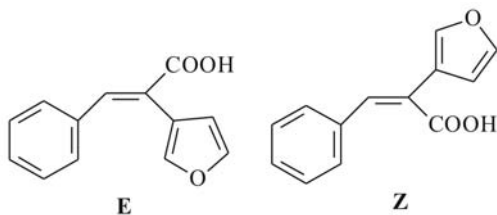
Intermolekuláris (aromás)C–H...O hidrogénkötések metoxiszubsztituált α -fenil-fahéjsav metilészterekben: (a) *E*-izomer: akceptor a metoxicssoport oxigénatomja, (b) *Z*-izomer: akceptor a metoxicssoport és a karbonilcsoport oxigénatomjai

Az intermolekuláris C–H...O hidrogénkötések szerkezetformáló tulajdonságai tovább tanulmányozhatók úgy, hogy az aromás csoportokkal szubsztituált akrilsavak, illetve akrilsav metilészterek családján belül maradván az egyik fenilcsoportot furilcsoportra cseréljük (3. és 4. ábrák).



3. ábra

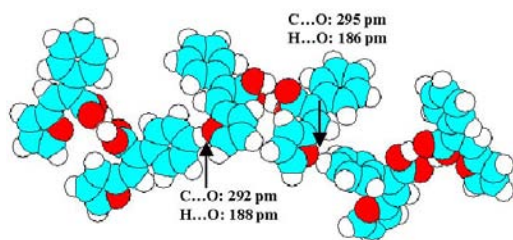
A 2-fenil-3(2'-furyl)propénsav és metilészter sztereoisomerek



4. ábra

A 2(3'-furyl)-3-fenilpropénsav sztereoisomerek

A 2-fenil-3(2'-furyl)-propénsav Z izomerje például szilárdfázisban mutat hosszútávú rendeződést: több dimer alapegység is összekapcsolható (aromás)C–H...O(furil) hidrogénkötéssel (5. ábra).

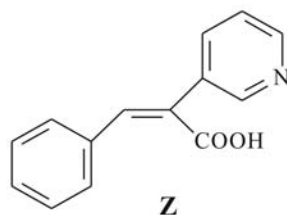
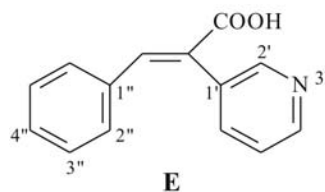


5. ábra

A Z-2-fenil-3(2'-furyl)propénsav dimerjeinek trimerjét összetartó C–H...O hidrogénkötések (a nyilakkal jelezve)

C–H...N hidrogénhidakkal összetartott rendszerek

Az α -fenil-fahéjsavak bármelyik aromás gyűrűjét, akár mindkettőt is kicserélhetjük nitrogéntartalmú heteroaromás, mondjuk piridilgyűrűre is. Ekkor elvi lehetőség nyílik C–H...N hidrogénhidak kölcsönhatások fellépésére. Nézzünk erre példát (6. ábra).

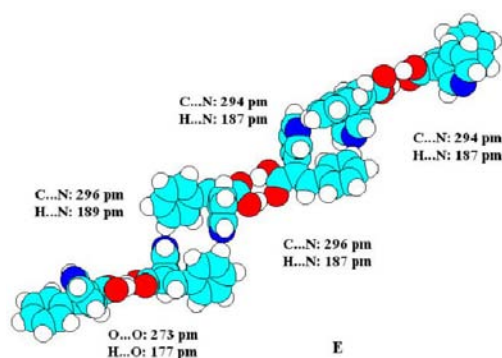


6. ábra

A 2-piridil-3-fenilpropénsav sztereoisomerek; a piridilcsoport nitrogénatomja a 3' helyzetben van

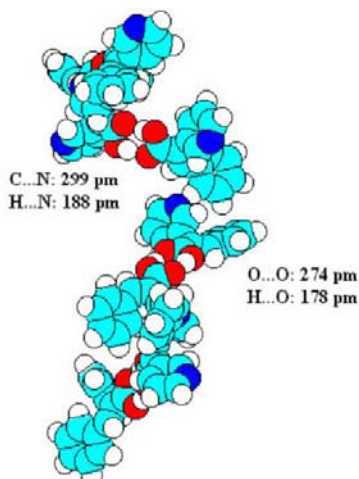
A 2-(3'-piridil)-3-fenilpropénsav mindkét sztereoiszomer dimerjéből készíthetők C–H...N hidrogénkötéssel összetartott oligomerek. Az E-izomer dimerjének trimerjéből többféle szerkezet is összeállítható. Ha a dimer egységek között (3''-aromás)C–H...N hidrogénhid van, akkor létra- vagy szalagszerű (7. ábra), ha (2''-aromás)C–H...N hidrogénhid a rendező erő, akkor cikk-cakk szerkezet nyerhető (8/a ábra). A Z-izomer dimerjének trimerjét akár (2''-aromás)C–H...N (8/b ábra), akár (4''-aromás)C–H...N (8/c ábra) hidrogénkötések tartják össze, cikk-cakk szerkezetet kapunk.

Ha az E-savdimer (2''-aromás)C–H...N kötésekkel összetartott trimerjéhez egy további dimert illesztünk, akkor helikális szerkezetet kapunk (9. ábra), amelyben az újonnan létrejött (2''-aromás)C–H...N kölcsönhatás is hidrogénkötés.



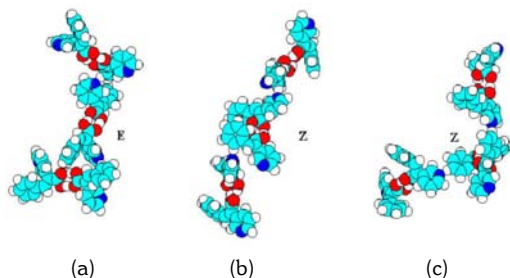
7. ábra

Létra- vagy szalagszerű szerkezet a (3"-aromás)C–H...N hidrogénkötésekkel összetartott E-2-(3'-piridil)-3-fenilpropénsav-dimerek trimerjénél



9. ábra

Helikális szerkezet E-2-(3'-piridil)-3-fenilpropénsav-dimerek (2"-aromás)C–H...N hidrogénkötésekkel összetartott tetramerjénél

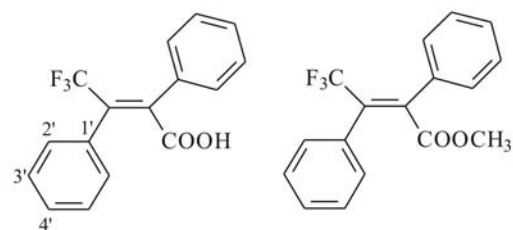


8. ábra

Cikk-cakk szerkezet 2-(3'-piridil)-3-fenilpropénsav-dimerek trimerjénél: (a) (2"-aromás)C–H...N hidrogénhid, E-izomer, (b) (2"-aromás)C–H...N hidrogénhid, Z-izomer és (c) (4"-aromás)C–H...N hidrogénhid, Z-izomer.

C–H...F hidrogénhidakkal összetartott rendszerek

A korábbiakból láthattuk, hogy (olefines) C–H...O hidrogénkötés a fahéjsavaknál nagyon ritkán vagy sosem fordul elő. Észterek esetén azonban már van ilyen kölcsönhatás. A két-fajta származék között az alapvető különbség az, hogy a savakból dimerek képződnek, majd ezek asszociálódnak, míg az észtereknél a monomer az aggregálódás alapegysége. A savdimerek oligomerizációja (olefines)C–H...O kötések potenciális szerkezetépítő képességének

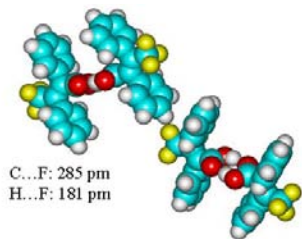


10. ábra

Az E-2,3-difenil-3-trifluormetilpropénsav és metilésztere

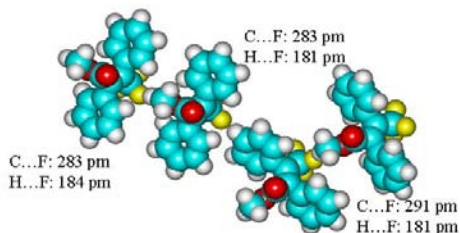
E két molekula különféle koncentrációjú oldatainak vizsgálataiból kiderült, hogy a sav – a várakozásoknak megfelelően – dimer formájában van jelen, ám nincs jele hidrogénhidak kölcsönhatásnak sem a dimerek, sem az észter

monomerek között. Szilárdfázisban azonban a savdimerek között van (aromás)C–H...F intermolekuláris hidrogénhid (11. és 12. ábra).



11. ábra

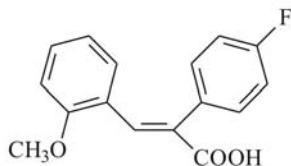
Az *E*-2,3-difenil-3-trifluormetilpropénsav dimerjének dimerje (4'-aromás)C–H...F hidrogénkötéssel összetartva



12. ábra

Az *E*-2,3-difenil-3-trifluormetilpropénsav metilészter tetramerje (4'-aromás)C–H...F és (metil)C–H...F hidrogénkötésekkel összetartva

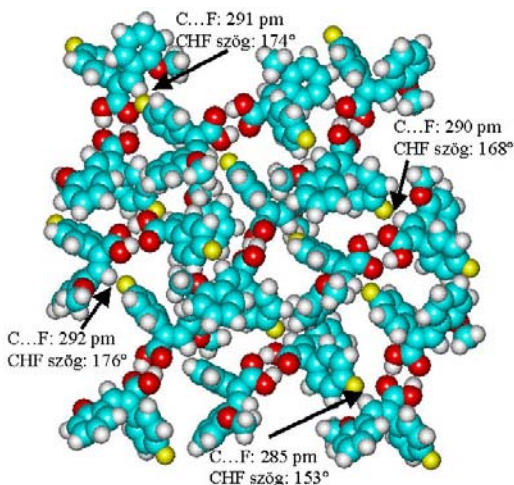
Az *E*-2-(4'-F-fenil)-3-(2'-metoxifenil)-propénsav (13. ábra) példáján azt mutatjuk meg, hogy a dimerek egy összetett síkszerű agglomerátumba szerveződnek (14. ábra).



13. ábra

Az *E*-2-(4'-F-fenil)-3-(2'-metoxifenil)-propénsav molekula

A fahéjsavszármazékok kristályos állapotban ténylegesen ilyen síkból állnak. Az alapegységeket hidrogénkötések szervezik kristálysíkká, a modellként használt molekula esetén a savdimereket C–H...O és C–H...F kölcsönhatások. A kristály háromdimenziós szerkezetét ilyen síkok



14. ábra

Az *E*-2-(4'-F-fenil)-3-(2'-metoxifenil)-propénsav molekula dimerjeinek C–H...O és C–H...F hidrogénkötésekkel összetartott kétdimenziós bázis

kötege építi fel. A síkok között gyenge van der Waals, illetve C–H... π kötések vannak. Ezek annyira gyenge kölcsönhatások, hogy a síkok viszonylag kis erőhatásra elcsúsznak egymáson.

Összefoglalás

A cikkben hidrogénhidakkal összetartott molekulákról/molekulahalmazokról esett szó, aromás csoportokkal szubsztituált akrilsavakat, illetve észtereiket használva példaként. A molekulahalmazok alapegységeit összetartó kölcsönhatások gyenge, de a szerkezetképzésben döntő jelentőségű nem konvencionális C–H...O(N, F) hidrogénkötések voltak. Ne higyük azonban azt, hogy ilyen kölcsönhatások csak különféle akrilsavak agglomerációjakor lépnek fel; döntő szerepük van általában is a szerves molekula-kristályok kialakításában és összetartásában. Nyugodtan mondhatjuk azt, hogy ezek ugyanolyan közönséges hidrogénhidak, mint O–H...O, O–H...N, N–H...N stb. kölcsönhatások, és már igazán ideje lenne, ha bevonulnának először az egyetemi, majd kevés idő múlva a középiskolai tananyagba.

Irodalom

- [1] Aakeröy, C.B., Seddon, K.R. (1993): Chem. Soc. Rev. 22, 397.
- [2] Pauling, L. (1940): The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals – An Introduction to Modern Structural Chemistry, 2nd ed., Oxford University Press

- [3] Pimentel, G.C., McCellan, A.L. (1960): The Hydrogen Bond, Freeman
- [4] Sutor, D.J. (1962): Nature 68, 195.
- [5] Sutor, D.J. (1963): J. Chem. Soc. 1105.
- [6] Bondi, A. (1964): J. Phys. Chem. 68, 44
- [7] www.ccdc.cam.ac.uk/products/csd.

Dr. Galbács Zoltán

Csapvíz arzénmentesítése otthon

Az utóbbi időben ismételten ráirányult a figyelem a hazai csapvizek arzéntartalmára. Híradások, tudósítások sürgették a helyzet jobbítását, az arzéntartalom csökkentését. A kémia szakos tanároknak is lehet feladatuk az arzén-veszély ismertetésében és a megoldások keresésében, elterjesztésében.

Az arzén a földkéreg 53. előfordulási gyakoriságú eleme. Minden országban előfordul, ha nem is azonos mértékben.

Számos kőzet, ásvány tartalmaz arzént. A természetben előforduló arzén-ásványok összetétele: NiAs, (Co,Fe)As₂, AsS, CoAsS, As₂S₃,

FeAsS, Fe(As,S)₂, FeAs₂, (Cu,Fe)₁₂As₄S₁₃, Cu₃AsS₄, As₂O₃, FeAsO₄ · 2H₂O, (Ni,Co)₃(AsO₄)₂ · 8H₂O, Mg₃(AsO₄)₂ · H₂O, Fe(II)₃(AsO₄)₂ · 8H₂O, CaCu(AsO₄)OH, KFe₄(AsO₄)₃(OH)₄ · 6 – 7H₂O.

Ország	A talaj arzéntartalma (mg/kg)
Argentína	0,8–22
Kína	0,01–626
Franciaország	0,1–5
Németország	2,5–4,6
Olaszország	1,5–60
Japán	0,4–70
Mexikó	2–40
Dél-Afrika	3,2–3,7
Svájc	2–2,4
USA	1–20

A talaj arzéntartalma néhány országban

Esővíz	Arzéntartalom, µg/L
Kanada	0,01–5
Rhode Island	0,8
Seattle, Washington	17
Tavak vizében	Arzéntartalom, µg/L
Japán	0,2–1,9
Németország	20–25
Kalifornia	0–100
Michigan	2,4
Wisconsin	4–117
Lake Ohakuri, Új-Zéland	30–60
Tengervíz	Arzéntartalom, µg/L
világszerte	0,15–6
Csendes-óceán	1,4–1,8
Atlanti-óceán	1–1,5
Talajvíz	Arzéntartalom, µg/L
New Hampshire, USA	0,0003–180
Vietnam	1–3050

A különböző vizek arzéntartalma

A csapadékvíz a talajjal érintkezve annak arzéntartalmát oldja. Minél tovább érintkezik a víz a talajjal, és minél magasabb a szilárd anyag arzéntartalma, annál arzénesebb lehet a víz.

A környezeti arzéntartalom a bio-akkumuláció révén bekerül a növényi, majd az állati szervezetekbe, a táplálékláncba, végül az emberbe is.

Az emberi szervezetbe arzén juthat a levegőből, a táplálékból és az ivóvízből. Ennek egy része kiürül és egy része beépül a különböző szövetekbe.

Szövet	Arzén-koncentráció (µg/kg)	Megkötött arzén (µg)
Csont	96	450
Agy	34	41
Haj	174	3
Szív	41	11
Vese	41	11
Máj	42	65
Tüdő	47	40
Izom	29	700
Köröm	892	3
Hasnyálmirigy	20	2
Bőr	64	180
Lép	21	3
Gyomor	22	3
Fogak	78	3
Anyaméh	36	2

A mért arzéntartalom az emberi szövetekben (Japán)

A szervezetünkbe jutó arzén sokféle egészségkárosodást okozhat. Az arzén által kiváltott betegség, elváltozás gyakran több évtizedes lapangás után jelentkezik. Abban egyetértés van, hogy a „felvett” arzén mennyiségétől függ a betegségek gyakorisága. Bár évtizedek óta kutat-

ják, mégis igen különböző veszélyességi szintet határoztak meg.

A mérgezés az arzénformától is függ. A legveszélyesebb a gáz halmazállapotú arzin (AsH_3), majd a szerves As^{3+} oxidációs állapotú forma következik, ennél kevésbé veszélyes az As^{5+} tartalmú szerves vegyület, és sokkal kevésbé mérgező a szerves vegyületben kötött arzén.

Az arzén-veszélyesség megállapítása olyan vidékeken lehetséges, ahol a népesség hosszú ideig ugyanazon arzén ivóvizet fogyasztja (pl. falvak népe) és a víz arzéntartalma helyenként különböző (Kína, Japán, Tajvan, India, Banglades stb.).

Betegség	Az ivóvíz arzéntartalmának tulajdonítható halálozások száma 100000 lakosból évente. Mortalitás (ha az ivóvíz As tartalma)
Szív- és érrendszeri betegségek	125,9 (300 µg As/L) 154 (300–590 µg As/L) 259,5 (>600 µg As/L)
Vastagbél-daganat	7,9 (300 µg As/L) 8,3 (300–590 µg As/L) 12,5 (>600 µg As/L)
Prostata-daganat	0,5 (300 µg As/L) 5,8 (300–590 µg As/L) 8,4 (>600 µg As/L)
Vese-daganat	5,4 (300 µg As/L) 13,1 (300–590 µg As/L) 21,6 (>600 µg As/L)
Húgyhólyag-daganat	15,7 (300 µg As/L) 37,8 (300–590 µg As/L) 89,1 (>600 µg As/L)
Májdaganat	32,6 (300 µg As/L) 42,7 (300–590 µg As/L) 68,8 (>600 µg As/L)
Tüdő-daganat	5,3 (10 µg As/L)
Bőrrák	0,9–1 (100 µg/L)

Mortalitás vizsgálata Tajvanon

Ivóvíz arzéntartalma µg As/L	Megvizsgált eset	Diagnosztizált mérgezés	Morbidity rate %
35	409	0	0
66	271	0	0
110	180	0	0
170	188	0	0
210	322	1	0,3
135	247	2	0,81
130	285	2	0,7
230	543	8	1,5
240	241	3	1,2
260	1427	26	1,8
290	225	14	6,2
340	291	19	6,5
340	944	35	3,7
390	211	29	13,7
460	744	83	11,2
560	283	89	31,4
750	362	168	46,4

Az ivóvíz arzéntartalmának tulajdonítható halálesetek falvakban, Kínában (Morbidity rate %)

A vizsgálatok alapján megfogalmaztak egy összefüggést a „morbidity rate”, vagyis a halálos arány (**y**) és az ivóvíz mg/L egységben mért arzéntartalma (**x**) között:

$$\lg(y + 2) = 2,2464x + 0,0953$$

Az epidemiológiai vizsgálatok lehetnek bizonytalanok, azonban kétségtelen, hogy az ivóvíz arzéntartalmának csökkentése egyértelműen csökkentheti a megbetegedések, halálesetek számát.

Az ivóvíz mellett a táplálékkal is bevihető arzén a szervezetünkbe.

Magyarországon az ivóvíz-igényt döntően artézi kutak vízből elégítik ki. Az országban az utóbbi kétszáz évben kiépült artézi kutak rend-

Élelmiszerfajta	Arzéntartalom (µg As/kg élelmiszer)
Tej	50
Sajt	300
Vaj	100
Hentesáru (pl. felvágott)	200
Máj (minden élelmiszert termelő állat)	500
Vadhús	1000
Halak és halkészítmények	3000
Kagylók, csigák, rákok	5000
Friss gyümölcs	200
Száritott gyümölcs	2000
Étkezési zselatin, pektin	500
Száritott zöldség	2000
Termesztett friss gomba	500
Napraforgómag	200
Paradicsompüré	200
Tojás	100
Tojáspor	500
Cukor	100
Étkezési só	1000
Szeszesitalok	100

Élelmiszerek maximálisan megengedhető arzéntartalma (valamennyi forrásból: környezeti, ill. technológiai szennyeződés, természetes tartalom)

szere a korábbi évszázadokhoz (a főleg ásott kuttakhoz) képest nagyságrendekkel egészségesebb (nem fertőző) vizet szolgáltatott. 1981-től ismeretes, hogy egyes kutak (főképp Békés megye településein) arzént tartalmaznak. Az Alföld a Kárpát-medencében főleg folyók hordalékával feltöltött terület. A Körösök által lerakott hor-

dalék sokkal magasabb arzéntartalmú, mint a Maros folyó által lerakott, ezért a Maros hordalékába mélyített artézi kutak vize alig tartalmaz arzént, szemben a Körösök hordalékára telepített kutak vizével.

A rendszerváltás után az Antall-kormány idejében történt a legnagyobb léptékű javítás az ivóvízellátásban. Akkor igen jelentős költség felhasználásával Békés megye nagyobb településeire egy ivóvíz távvezetékkel szállították el a megye déli peremvidékéről a Maros hordalék-kúpjában tárolódó, alacsony arzéntartalmú vizet. Épültek arzénmentesítő technológiák is, és az akkoriban érvényes, ivóvízre vonatkozó 50 $\mu\text{g As/L}$ határértéket jórészt sikerült a településeken biztosítani.

Az EU-hoz történt csatlakozásunk (2004) óta az ivóvízre vonatkozó határérték 10 $\mu\text{g As/L}$ -re csökkent, ez az Egészségügyi Világszervezet (WHO) ajánlása is. Az élelmiszeripari üzemeknél azonnal biztosítani kellett az alacsony arzéntartalmú vizet (ha nem akarták megszüntetni az üzemet), azonban a lakossági ellátásban haladékokat kaptunk.

Áttekintve az előző táblázatokat, feltűnő, hogy a vízhez képest az élelmiszerekben sokkal több arzén jelenléte megengedett. A hatóságok véleménye az, hogy a szilárd táplálékból a bélcsatornán keresztül haladva kevesebb arzén szívódhat fel, mint a vesén keresztül a vízből.

A kagylót, rákot, csigát, tengeri halakat fogyasztó nemzetek sokkal több arzént juttatnak szervezetükbe, mint mi az ivóvízzel. E kifogásra az a válasz, hogy a tengeri élőlényekben az arzén főképp szerves vegyületekben kötve található, amely forma kevésbé mérgező, mint az ivóvíz szervesetlen arzén vegyületei (ionjai).

Kétségtelen, hogy a nekünk alacsonyabb arzén határértéket kijelölő szándék, ha ezt teljesíteni tudjuk, javunkra szolgál, mégis van némi kétkedés.

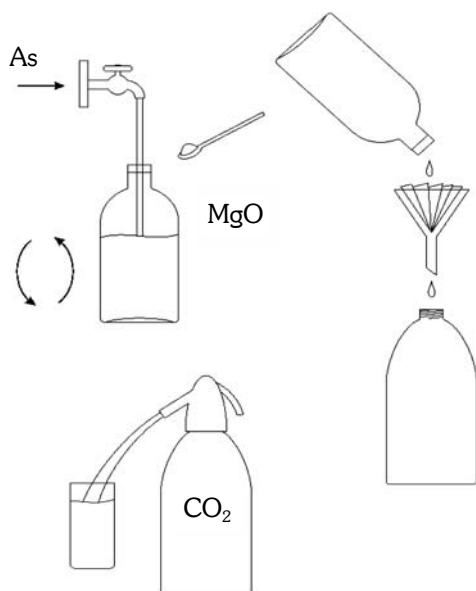
Az életünk minőségét, a halandóságot befolyásoló tényezők közül csupán egy, és nem a leglényegesebb az ivóvíz arzéntartalma. Pl. a dohányzás következtében a dohányzók élet-

tartama 18 évvel rövidebb a nemdohányzókhoz képest. A cigarettafüstben százával vannak mérgező vegyületek. Évente kb. 30000 ember hal meg Magyarországon a dohányzáshoz köthető megbetegedésekben (sokkal többen, mint az arzén következtében). Mégsem látszik szándék arra, hogy a dohánytermékek forgalmazását betiltsák! (Érdekességgént megemlíthető, hogy a dohányfüst arzént is tartalmazhat, korábbi mérések szerint akár 106 μg -ot 1 g dohánnyal elégetve (azaz kb. cigarettánként).

Ha nem szeretnénk, hogy a konkurencia olyan újságcikkeket jelentessen meg, miszerint „ne jöjjenek turisták Magyarországra, mert itt a víz mérgező arzént tartalmaz”, mindent meg kell tennünk a helyzet javítására.

Amíg nem épül ki mindenhol a vízművek mentesítő technológiája, mindenki maga, ott-hon, kevés költséggel és felszereléssel arzénmentesítheti az ivóvizét:

1. A vezetékes vízből a csapot megnyitva megtöltünk egy PET palackot (ásványvizese üveget) kb. 4/5 részig csapvízzel.



*A bázilagos arzénmentesítés
(A szerző köszönetet mond Galbács Péternek az ábra elkészítéséért.)*

2. Beleszórunk egy késhegynyi (kávéskanálnyi, kb. 1g) magnézium-oxid port, amely a gyógyszerárban kapható.
3. A palackot bezárva jól összerázzuk. Közben a víz fehér színűnek látszik, mert az elkeveredett MgO por magnézium-hidroxidot képezett, amely fehér.
4. Magára hagyva a palackot, a magnézium-hidroxid lassan leülepszik.
5. A leülepedett csapadék fölül a tiszta folyadékot óvatosan letöltjük (vagy papíron leszűrjük) és arzénmentes vízként étkezéshez felhasználjuk. Az is lehetséges, hogy szódáaszifonba töltve szódavizet készítsünk.
6. A palack alján maradt fehér csapadékot nyugodtan kiönthetjük a kerti talajra, virágágyásra. A talaj arzéntartalma kb. ezerszer nagyobb, mint a mi ivóvizünk arzéntartalma, ezért a csapadékra kötődő arzén (néhány g-nyi) elhanyagolható növekmény lesz. Ezzel szemben a magnézium-tartalom kívánatos a talajjavítás szempontjából.

Magyarázat

A magnézium-oxid szemcse felületén a vízzel való reakcióban (a mészlúgáshoz hasonlóan) magnézium-hidroxid képződik. (A víz lúgosodik, a pH 9,5.) Ez igen jó adszorbens. Lúgos közegben képes a nehézfém-ionokat (szennyezéseket) eltávolítani. Még a 10 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatot is lehet magnézium-hidroxiddal pl. vasmentesíteni.

Az arzén a természetes vizekben **As(III)** és **As(V)** formákban található. Természetes körülmények közt a két forma megoszlása közel 50–50%-os. A vezetékes vizet mindenhol fertőtlenítik, többnyire klórral. A klór (vagy hipoklórossav) az **As(III)**-at nagyrészt **As(V)**-té oxidálja. Ez fontos, mert az **As(V)** jobban adszorbeálódik, mint az **As(III)**. Ezért a vezetékes vízből az arzéntartalom legnagyobb részét el lehet távolítani magnézium-hidroxidos adszorpcióval. Ha nem a vezetékes vizet, ha-

nem valamely természetes vizet kívánjuk mentesíteni, akkor adszorpcióval módszerrel kisebb hatásfokkal, csak az **As(V)** részt sikerül eltávolítani.

A többi, arzénmentesítési technológiákban alkalmazott adszorbens (GEH töltet, cérium-hidroxid, alumínium-oxid, aktív szén stb.) hátránya, hogy az alföldi vizekben található ún. huminsavak, a könnyen adszorbeálódó nagyméretű szerves anyagok, valamint a foszfát-ionok hamar kimerítik a töltetet. Az aktív helyeket elfoglalva nem marad hely az arzén számára. A tölteteket hamar regenerálni kell, ha egyáltalán lehet. Ennél az ún. magnézium-hidroxidos módszernél ilyen probléma nem adódik, mivel mindig friss magnézium-oxiddal dolgozunk.

Ha a csapvíz arzéntartalma 50 µg As/L-nél nem több, akkor 1 g MgO bőségesen elégséges az arzéntartalom eltávolításához. Ha a magnézium-oxidot még tovább porítanánk (pl. kávéőrlelővel), akkor a megnövekedett felület (fajlagos felület) miatt még kevesebb oxidpor is elég lenne. A gyógyszerárban beszerezhető és „gyógyszerkönyvi” minőségű magnézium-oxid ára kb. 4 Ft/g.

(Jelölések: L = liter = dm³, µg = 0,000001 g, mg = 0,001 g)

Irodalom

- [1] M.E. Daff, E.L. Kennaway: The Arsenic Content of Tobacco and of Tobacco Smoke. Br. J. Cancer, 1950 June, 4(2) 173–182.
- [2] C.R. Gross, O.A. Nelson: Arsenic in Tobacco Smoke. Am J. Public Health Nations Health, 1934 January, 24(1) 36–42.
- [3] <http://quitsmoking.about.com/od/chemicalsinsmoke/p/arsenicprofile.htm>
- [4] Galbács Zoltán: Az ivóvízellátás gondjai. Magyar Tudomány Ünnepe. Békéscsaba, Szent István Egyetem, 2012. november 22.
- [5] M. Z. Galbács, G. Galbács: Reduction of the arsenic content of drinking water. International Conference on Arsenic in Ground Water; Case, Effect and Remedy, Calcutta, India, Febr. 6–8, 1995.
- [6] Galbács Zoltán: Az alföldi rétegvizek arzéntartalmával kapcsolatos problémák. VI. Or-

szágos Laboratóriumvezetői Értekezlet, Békéscsaba, 2000. június 26–28.

[7] Takács Éva: Az élelmiszerekben található egészségkárosító anyagok, különös tekintettel a mikroszennyezőkre. Szakdolgozat. Konzulens Dr. Tóth Lászlóné. KÖTKORC, Posztgraduális képzés, JATE TTK, 1997.

[8] Hemda Garelick, Huw Jones (editors): Reviews of Environmental Contamination and Toxicology.

gy. Arsenic Pollution and Remediation: An International Perspective, Volume 197, Springer, 2009, ISBN: 978-0-387-79283-5

[9] Jerome O. Nriagu Editor: Arsenic in the Environment. Part I.: Cycling and Characterization, Part II.: Human Health and Ecosystem Effects, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1994, ISBN: 0-471-57929-7, ISBN: 0-471-30436-0

Tabajdi Réka

Milyen szerepe van a kémiának a kőolaj kitermelésében?

A fenntartható fejlődés irányelve napjainkban szükségessé teszi, hogy a kőolaj kihozatal célja a kielégítő mennyiségű energiahordozó biztosítása helyett a megfelelő mennyiségű vegyipari alapanyag előállítása legyen. Ezzel együtt kulcsfontosságú a már meglévő olaj- és földgáztermelő telepek készleteinek maximális kiaknázása, ami a másodlagos és harmadlagos művelés – összefoglalóan fokozottan javított kőolaj kitermelési technikák – útján válik lehetségessé. A fokozottan javított kőolaj kitermelési módszereket nevezik EOR műveleteknek (Enhanced Oil Recovery), ami igen sokféle technológiát foglal magába.

Jelenleg a világ éves szénhidrogén kitermelése $6,5 \cdot 10^9$ m³/év. Ennek 60%-a kőolaj, 40%-a pedig földgáz, ami számszerűsítve 1200–1500 milliárd USD bevételt jelent évente a kitermeléssel foglalkozó nagyvállalatok számára [1]. Ezáltal még az óriási beruházási igényű kitermelő rendszerek költsége is megtérül 1–2 éven belül. Az olajtermelő telepeket sokféleképpen lehet osztályozni, hőmérséklet, tároló kőzet, olaj viszkozitás szerint, de a költségek szempontjából a művelés szerinti osztályozás a lényegesebb.

Elsődleges művelés alatt azt értjük, amikor természetes rétegyomással történik a kihozatal.

Ez az az eset, amikor lefűrnak a talajba, és az olaj magától áramlik felfelé (pl. arab olajszőkőkutak). Ezen belül megkülönböztetünk eredeti kút produktivitást és módosított kút produktivitást. Az előbbibe tartozik a felszálló termelés, ill. amikor mesterséges fluidum kiemelést alkalmaznak. Ez történhet kútszabályozással, kútsűrítéssel, vagy vízszintes kutak alkalmazásával. A módosított kút produktivitás folyamán alkalmazhatunk rétegszerkentést, ez jelenthet savazást, vagy kőzetrepesztést, és még számos egyéb, technikailag viszonylag egyszerű módszert. Ezen felül szabályozhatják a besajtolást polimerek vagy gélek hozzáadásával, melyek főként a viszkozitás javítását célozzák meg. Ugyanis a víz csak a nagyobb pórusokkal rendelkező kőzetbe tud behatolni, mert ott kisebb ellenállást tapasztal, a kisebb pórusokból viszont nem tudja kimosni az olajat. Azonban ha viszkozusabb a folyadék, akkor könnyebben behatol a víz által elkerült részekbe is. Ezen kitermelés folyamán a kőzetekben jelen lévő kőolajnak körülbelül 50–60%-a kerül felszínre, ezért a maradék kőolaj kihozatalához szükség van további módszerekre.

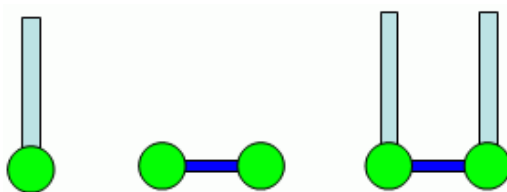
A másodlagos termelés folyamán főként víz- vagy gázbesajtolást alkalmaznak, melynek lényege, hogy a természetes rétegenergiának megfelelő nyomást fenntartsák.

A harmadlagos termelés már magas technikai színvonalat igényel. Az egyik válfaja, amikor továbbfejlesztett gázbesajtolást alkalmaznak. Ez történhet CO₂, szénhidrogén-gáz, füstgáz besajtolásával vagy ún. WAG eljárással, amely váltakozó víz-gáz besajtolást jelent. Ezeknek a módszereknek minden esetben az olaj/víz (o/v) határfelületi feszültség csökkentése a célja.

Léteznek továbbá mikrobiológiai módszerek, amelyek során a hatóanyagot (biopolimer, biotenzid) a művelési területen állítják elő baktériumtenyészetekkel. Ennek alkalmazhatóságára hazánkban is folynak kutatások az MTA Szegedi Biológiai Központjában.

Jelenleg a legfontosabb területet a harmadlagos művelési eljárások között a kémiai eljárások jelentik. Ez magába foglalja a polimeres, tenzides (mosóhatású anyagok, ilyenek pl. a szappanok is), vagy polimeres-tenzides elárasztást, lúgos elárasztást és habképzők alkalmazását. A polimeres elárasztás célja a viszkozitás növelése és a pórusszerkezet módosítása. Ezzel a technológiával átlagban 6%-kal növelhető a kihozatal. A tenzides-polimeres elárasztásoknál a viszkozitás növelése és a pórusszerkezet módosítása mellett a határfelületi feszültség csökkentése is elérhető, így átlagosan 10–20%-os többlet kihozatal érhető el (gazdaságosság szempontjából az 5% feletti többlet olaj kitermelés fogadható el). Számszerűsítve ez átlagosan $9,75 \cdot 10^6$ m³ többlet olajat, vagyis körülbelül 300 milliárd USD hasznot jelent évente a világ kőolajtermelő országainak. Habár a polimer-tenzides technikával lehet a legnagyobb többlet olajkihozatalt elérni, ez a legdrágább eljárás.

A Szegedi Tudományegyetem Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszékén közel három évtizede folynak felületaktív anyagokkal kapcsolatos kutatások. Ezen idő alatt a széles körben alkalmazott tenzideket már alaposan feltérképezték, és így ezek tulajdonságai és alkalmazhatósága ismertté vált. Napjainkban nagyobb figyelmet kaptak az új típusú felületaktív anyagok, pl. a gemini (iker) tenzidek tulajdonságainak, és alkalmazhatóságának felmérése. A gemini tenzidek két szimpla tenzidből és



1. kép

egy összekötő csoportból állnak, mint azt az alábbi ábra szemlélteti (1. kép).

Jelenleg a tanszéken a MOL Nyrt. megbízásából folynak kutatások az EOR szempontjából optimális tulajdonságú gemini tenzid, ill. tenzidkeverékek után. Több száz tenzidből kell kiválasztanunk azt az egy keveréket, melyet a legalkalmasabbnak találunk egy esetleges elárasztási kísérlethez, melynek beruházási költsége akár több milliárd forintba is rúghat. Ez egy igen összetett kutatási projekt, országos szinten több kutatócsoport végez különböző részfeladatokat. A tanszékre kihelyezett MOL laboratórium fő feladata a vizsgálatra szánt tenzidek, tenzidkeverékek asszociációs, adszorpciós, és felületi tulajdonságainak, ill. nedvesedési tulajdonságainak a vizsgálata.

Ezeket a vizsgálatokat a MOL Nyrt. finanszírozása által beszerzett műszerekkel végezzük el.

A felületi feszültség és nedvesítési képességek vizsgálatát egy automata tenziométerrel, automata felületi feszültséget mérő eszközzel végezzük.

A felületi feszültség minden folyadékra jellemző adat, ami miatt a folyadékok a lehető legkisebb fajlagos felületű alakzatot igyekeznek felvenni (pl. gömb), ha külső erőhatás nem éri őket [2]. A víznek igen magas a felületi feszültsége, 71–72 mN/m. Ennek köszönhető, hogy pl. a vízi molnárkák nem süllyednek el a tó felszínén. Azonban ha szappant, vagy más tenzidet adunk a folyadékhoz, a felületi feszültség nagymértékben lecsökken, a gemini tenzidek esetében akár kevesebb, mint a felére. Ebben az esetben a molnárka pórul jár, mert elsüllyed, azonban az olajiparban ez igen hasznos, mert a felületi feszültség csökkenés nélkül nem volna képes a folyadék lemosni az olajat a kőzetről (hasonló elven működik a ruhamosás is).

Maga a mérőműszer elve nagyon egyszerű [3]. A fejrészében egy igen érzékeny mérleg található, amely méri a méréskor használt platina-lemez folyadékából való kiszakításához szükséges erőt. Tekintve, hogy a platina-lemez tökéletesen nedvesedik a legtöbb folyadékban (nedvesedési szöge (θ) 0, így a $\cos\theta=1$), ez az erő csak a folyadék felületi feszültségétől függ.

A mért erőből (F) tehát a felületi feszültség (γ) könnyen kiszámítható az alábbi képlet alapján [4]:

$$\gamma = \frac{F}{L \cdot \cos\theta}$$

Az L az adott lemez geometriai állandója (műszerhez szabványozott érték).

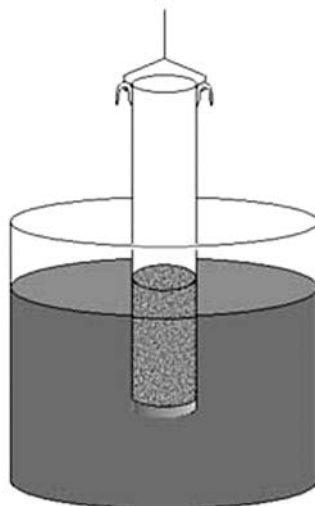
Hasonló elv alapján mérünk nedvesedési szöveget, de ebben az esetben az ún. Washburn-cső a mérőfej. Ez egy üvegcső, amelynek aljára szűrőpapír korongot helyezünk, és meghatározott mennyiségű szilárd anyagot teszünk bele, amelyet aztán érintkeztetünk a mérni kívánt folyadékkal. (2. kép).

Az érintkeztetés után a folyadék a szilárd anyag tulajdonságaitól függő mértékben spontán felszívódik a folyadék a csőben. Itt is a bekalibrált kezdeti tömeghez képest a folyadék felszívása során bekövetkező tömegváltozást mérjük. Ebből a Washburn-egyenlet alapján számoljuk a nedvesedési szöveget [5].

$$\cos\theta = \left(\frac{m^2}{t} \right) \left(\frac{\eta}{\gamma\rho^2} \right) \left(\frac{2}{r^5\pi^2} \right)$$

Az egyenletben szereplő első tag tehát a mért eredményünk (m a mért tömeg, t a mérési idő), a második tag a folyadékra jellemző tulajdonságok, a harmadik a szilárd anyag tulajdonságait foglalja magába (r a kapillaris állandó, amely a szilárd anyagra jellemző érték).

Ha a szög 0–75° közé esik, akkor a szilárd anyagot jól nedvesíti a folyadék, ha 120–180° közé esik, akkor rosszul nedvesíti a folyadék



2. ábra

a szilárd anyagot, és ha a két érték között van a nedvesedési szög, akkor csak a szilárd anyagtól függ, hogy a folyadék nedvesíti-e vagy sem. Az egyenletből látható, hogy a mérés csak 90°-os nedvesedési szögig képes mérni, ugyanis 90°-nál a cosinus függvény 0 értéket vesz fel.

Természetesen a nedvesedés nem egyszerű dolog. A mechanizmus mögött rengeteg tényező áll. Függ a folyadék felületi feszültségétől (γ), a sűrűségétől (ρ) és viszkozitásától (η), a szilárd anyag homogenitásától, anyagi minőségétől, a szemcsés szerkezetű szilárd anyag részecske méretétől, a részecskék közötti kapillaris keresztmetszetétől, hosszától.

Az adszorpció tulajdonságok vizsgálata is döntően befolyásolja egy anyag felhasználhatóságát. Az adszorpció egy fizikai folyamat, amely során két fázis határán a molekulák irányítottan megkötődnek. Esetünkben a kőzet felületén a tenzid molekulák először leszorítják az olajat, majd ők maguk kötődnek a kőzet felületére. Természetesen minél több kötődik a kőzet felületére, annál több anyagra van szükségünk, hogy elérjük a maximális kihozatalt, így számunkra az a kedvező, ha minél kisebb az adszorpció. Nem szabad elfeledkezni azonban arról, hogy az adszorpció sok esetben reverzibilis folyamat.

A méréseinkhez egy tömegspektrométert (MS- Mass Spectrometer) alkalmazunk. A módszer lényege, hogy oldatsorozatot készítünk egy meghatározott koncentráció tartományon belül, és megmérjük az oldatokban található, számunkra érdekes ionok mennyiségét. Nagyon leegyszerűsítve a műszer a bekerült, porlasztott oldatból kiszűri a beprogramozott ionokat, és a detektorra történő beérkezési számot méri, s ebből koncentráció adatot tudunk megállapítani. Ezután 24 órán keresztül érintkeztetjük az oldatokat a szilárd fázissal, majd leszűrjük a felülúszó oldatot, és újra megmérjük a műszerrel, hogy az érintkeztetés folyamán mennyi kérdéses ion maradt az oldatokban. A kettő különbsége adja az adszorpció anyagmennyiségét.

Ez a műszer, a hozzácsatlakoztatott automata mintaadagolóval 1 nap alatt két teljes mérősortozatot képes végigmérni, ami 84 mintavételnek, és 84 egyedi mérésnek felel meg. Ezek a műszerek állandó működésre vannak tervezve, hasonló MS készüléket alkalmaznak az újszülöttek vérvizsgálatánál is, hogy kiszűrjék a velük született immun- vagy egyéb betegségeket. Két ilyen vérvizsgálati központ van az országban: egy Budapesten, ahol az ország teljes északi ré-

gió újszülötteinek vizsgálatait végzik, és egy Szegeden, ahol a déli régió újszülötteinek mintáit vizsgálják. Emellett a terhelés mellett a gépeknek muszáj a nap 24 órájában dolgozniuk.

Tehát a laborunkban végzett három adat alapján (adszorpció, felületi feszültség, nedvesítési képesség) kellően meg tudjuk állapítani, hogy egy tenzid vagy tenzidkeverék alkalmas-e arra, hogy egy elárasztási kísérletben felhasználják. Ha pozitívak az eredmények, akkor tovább küldjük őket a többi kutatócsoporthoz, ahol a viszkozitás, határfelületi feszültség és a laboratóriumi körülmények között végzett kisorítási vizsgálatokat végzik el.

Irodalom

- [1] J. Pápay: Kőolaj- és földgáztelepek kitermelési eljárásai és azok hatékonysága (előadás anyag, 2004.)
- [2] F. Szántó (1987): A kolloidkémia alapjai. Gondolat könyvkiadó, Budapest
- [3] www.kruss.de
- [4] T. Yoshimura, T. Ichinokawa, M. Kaji, K. Esumi (2006): Colloids and Surfaces A, 273. 208–212.
- [5] E. Chibowski, L. Holysz (1997): Journal of Adhesion Science and Technology. 11. 1289–1301.

KÖNYVAJÁNLÓ

Kémia, történelem, irodalom*

(Inzelt György: Mély kútforrása a bölcsességnek

Könyvpont Kiadó – L'Harmattan Kiadó, Budapest, 2012)

Inzelt György újabb kötete kedves olvasmányul szolgál az érdeklődő nagyközönségnek és a kémikus szakmát művelőknek egyaránt. A szokatlanul ható cím rögtön

érthetővé válik a bevezető gondolatokban, hiszen idézet a Gilgames-eposzából:

„...mindent látott, hallott, tapasztalt – jelenvalót és régen voltat; mély kútforrása a bölcsességnek.”

* A Magyar Kémikusok Lapja 2012. decemberi számából átvéve, a főszerkesztő, Dr. Kiss Tamás engedélyével.

A cím nyilvánvalóvá teszi a könyv stílusát, tartalmát. Igazi kultúrtörténeti munka, a kémia, a történelem, irodalmi utalások egyaránt megtalálhatók benne. Nagy része minden kémiai vagy fizikai tudás nélkül is élvezhető mindenki számára, viszont a vegyészek, tanárok, diákok is megtalálják a szakmai csemegéket, a legújabb eredmények ismertetését, *horribile dictu* a szükséges képleteket, egyenleteket is.

A könyv áttekintését kezdhetjük az elején, a tartalomjegyzék szerint, de a végén a névmutatónál is. Mindkettő jó iránymutató arra, hogy mit várhatunk a 200 oldalas, nagyon sok – legtöbbször ritkán vagy eddig még nem is látott – képpel illusztrált könyvtől. A mintegy 480 nevet felsorakoztató jegyzék ígéri talán az izgalmasabb kalandozást. Hogyan is kerül egymás alá Jókai, Joliot-Curie, József Attila és Józsué, vagy pedig Napóleon, Nendtvich Károly, Néró és Nernst? Ez valóban arra készítheti az embert, hogy itt-ott felüsse a kötetet, csillapítva hirtelen jött kíváncsiságát, de járjunk el rendszeresebben, kövessük a tartalomjegyzéket! A könyv 12 fejezete egy-egy független írás a néhány oldalastól a 30–40 oldalnyi terjedelmesebb tanulmányokig. A könyv címlapján Mengyelejev szakállas képe köszönti az olvasót, nyilván szándékosan, mert az első két írás jelentős terjedelemben – szinte Plutarkhoszt idézve – két kiemelkedő tudóst, Mengyelejevet és Than Károlyt állítja párhuzamba egymással. A két tudós kortárs volt, pályájuk kezdete is hasonló mederben folyt, mégis egészen más végeredménnyel zárult. Mengyelejev a kémia emblematikus alakja világszerte, Thanról talán hazánkban is csak a szakmai közönség tud annak ellenére, hogy ő a korszerű magyar kémiatudomány és -oktatás megteremtésének nagy alakja, szinte az összes neves magyar kémikus az ő szakmai gyermekének, unokájának, dédunokájának tekinthető. A bevezető fényképen Mengyelejev az akkori tudós világ nagyjai körében ül, a Berlieni Akadémia ünnepi ülésén, jelezvén súlyát a világ tudó-



mányos életében. Ugyanakkor Than Károlyról ilyenféle ábrázolást a képek felkutatásában szorgos szerző sem tud bemutatni. Az esszék ezt alaposan meg is indokolják. Inzelt György nézete szerint, ha Mengyelejev életművéből kivesszük is a periódusos rendszert, akkor sem lehet – tegyem hozzá, nagyon is sajnálatosan – a két tudós eredményeit egy lapon említeni. A két karrier különbözősége nemcsak személyi okokra vezethető vissza, hanem a két ország belső viszonyaira is. Itt még némi áthallást is olvashatunk korunkra vonatkozóan: a magyar hivatatlóság akkor sem és talán ma sem értékelni eléggé – és ebbe az anyagi támogatást is beleértve – tudósainak munkáját. Akit a bulvár esetleg jobban érdekel, mint mondjuk a kőolaj-kitermelés vagy a periódusos rendszer prioritási vitája, szintén megtalálhatja a csemegét. Mengyelejev tulajdonképpen bigámiát követett el a második házasságával, de az ez irányú panaszt a cár egyszerű kijelentéssel söpörte le:

„Mengelejevnek két felesége van, igen, de nekem csak egy Mengelejevem.” Valóban, Mengelejev fontos szerepet játszott Oroszország gazdasági életének fellendítésében, sajnos Thannak ez a szerep nem adatott meg. Nem tudjuk, hogy Ferenc József mondott-e bármit is Thanról, ami egy anekdotagyűjteménybe bekerülhetett.

Érdekes korszakot fest a kötetben a 19. század második felének magyar tudományosságáról a Természettudományi Közlöny első évfolyama (1869) cikkeinek elemzése. Mi is foglalkoztatta ekkoriban a kémikusokat, mit is kívántak megosztani a „művelt magyar közönséggel”? Talán a legfontosabb közlések az új mértékegységek mellett az atomokkal és a tömcsekkel” kapcsolatosak, hiszen ez idő tájt még újdonság volt az atomok molekulákká kötődése a vegyértékekkel, de szó esik az energiaforrások végességéről, a darwinizmusról is.

A könyv egy másik fejezete egyébként részletesebben is szól az Avogadro-törvény történetéről, arról, ahogyan a felismerés rendet teremtett a kémia addigi káoszából, igaz, vagy 50 évnyi lappangás után, éppen a Természettudományi Közlöny indulásának éveiben. Az Avogadro-szám (-állandó) ma az alapvető iskolai ismeretek közé tartozik, de hallgatás övezi, hogy ki is volt az, aki ezt bevezette, számszerűsítette, és mikor is történt mindez. A fejezet erre is részletes választ ad, ajánlom kémiatanár-kollégáim szíves figyelmébe!

Avogadro, Loschmidt, Perrin persze csak a kezdeti nagy felismerés főszereplői voltak. Az igazi atomkorszak kezdetéről és ebben a magyarok szerepéről a 4. fejezetben olvashatunk. Fontos írás ez, mert az ismertnek tekinthető részletek (Becquerel, Marie Curie, Rutherford, Geiger stb.) mellett felbukkannak a magyar úttörők és utódaik Lengyel Bélától Wesszelszky Gyulán át a nemrég elhunyt Vértes Attiláig. A magyar kutatók élete sokféleképpen alakult, történetükben szinte benne van az egész 20. század története. Akik külföldre kényszerültek, vagy ismertek, sőt sikeresek lettek (Róna Erzsé-

bet, Hevesy György), vagy a diktatúrák áldozataiként tragikusan végezték (Götz Irén).

A könyv egyik fejezete külön is foglalkozik a kutató, tudós, feltaláló nőekkel. Volt közöttük alkimista (Cillei Borbála), a férje mellett szorgoskodó segítő, mai szóval talán technikus (Madame Lavoisier), és a sort korunk Nobel-díjas nagyszonyjai zárják. E fejezeteket olvasva különös csodálattal tölthet el, hogy a nagy felfedezésekhez vezető kísérleti eredmények milyen egyszerű eszközök alkalmazásával születtek. Egy-két fotó és rajz erről is meggyőzheti az olvasót.

A kötet inycsiklandozó fejezetei a sóval és más fűszerekkel (fokhagyma, szegfűszeg, szerecsendió, fahéj, paprika, sáfrány, bors) foglalkoznak. Ha valaki eddig hiányolta a vaskos szerkezetei képleteket, itt szembesülhet velük, sőt, szó esik a hatóanyagok hatásmechanizmusáról is. Megtudhatjuk, hogyan befolyásolták a só és a fűszerek a világtörténelmet, sőt turisztikai ajánlásokat is kapunk, hol láthatunk gyönyörű sókristályokat, sótartókat, sóbányákat. A kötet egyik írása a ritkaföldfémek felfedezésének történetével, kémiájával, felhasználásával foglalkozik. Igen tanulságos, hogy e fémek nem is annyira ritkák mindennapi életünkben, és ez adja kiemelkedő gazdasági jelentőségüket, sőt, a fő kitermelő, Kína „olajfegyverét”, azt, hogy ezek az egzotikusnak tűnő elemek akár politikai konfliktusokat is okozhatnak.

Végül felvillantánék néhány érdekes kapcsolatot és kérdést. Mit tudott Bartók Béla az atomtitokról? Ki volt Einstein (magyar) orvosa? Hány gramm aranyat tartalmaz egy olimpiai aranyérem? Bár tudjuk, ki volt a Napkirály, de ki volt a magyar „Napkirálynő”, aki még a 2012-ben készült gimnáziumi kémia tantervbe is belekerülhetett? Az olvasóra bízunk ezek és sok további talány és ismeret felfedezését ebben a szellemi felüdülést hozó műben. Jó szórakozást kívánok!

Dr. Riedel Miklós

KÖNYVAJÁNLO

Theodore Gray: Kémiai elemek

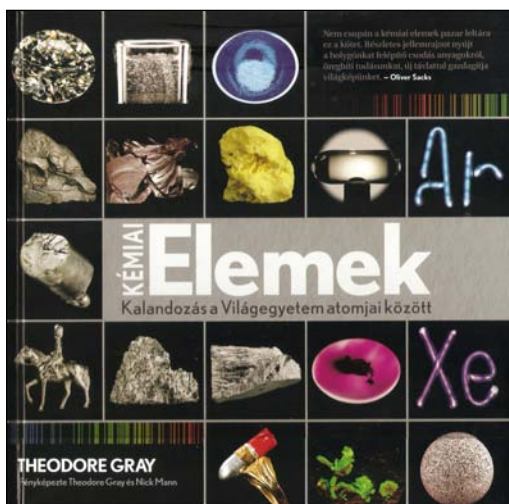
Kalandozás a Világegyetem atomjai között című könyvéről

Nem egy szokványos kémiai könyv, hisz a szerző sem mondható mindennapi embernek. Elmondása szerint megszállotta a kémiának, a kísérletezésnek, az Elemek rajongója.

„Úgy tíz esztendeje, 2002-ben kezdtem kémiai elemeket gyűjteni. Akkor még azt hittem, harminc év kell hozzá, mire mindet összeszedem. Hála az internetes adok-veszek oldalnak, az eBaynek, no meg elmeháborodott kitalálásomnak, 2009-re minden elemből volt már relikvium – összesen csaknem 2300 holmi, műtűr és kódarab. ...” – olvashatjuk a könyv végén. Saját kezével faragott ki egy asztalt, melyre a periódusos rendszert véste, 2002-ben Ig Nobel-díjjal jutalmazták remekművét. (A nemzetközi tudományos élet azon szereplői részesülhetnek a díjban, akiknek tevékenysége értelmetlen felfedezésekhez, használhatatlan találmányokhoz, vagy egészen egyszerűen mulatságos javaslatokhoz vezetett.) Ugorjunk kicsit vissza az időben! Theodore Gray 1987-ben csatlakozott *Stephen Wolfram*hoz, és a tudósok számára ismeretes **Wolfram Alpha** és **Mathematica** szoftvercsomag megírásában segédkezett, ezáltal lehetővé téve milliók számára a gyorsabb számítógépes számítások elvégzését. Sőt, ki gondolná, közvetve ugyan, de részt vesz az általa alkotott fényképes periódusos rendszerével egyetemeken, tv-műsorokban (*MythBusters*).

Theodore Gray az Egyesült Államokban, az Illinois állambeli Champaign – Urbanában lakik.

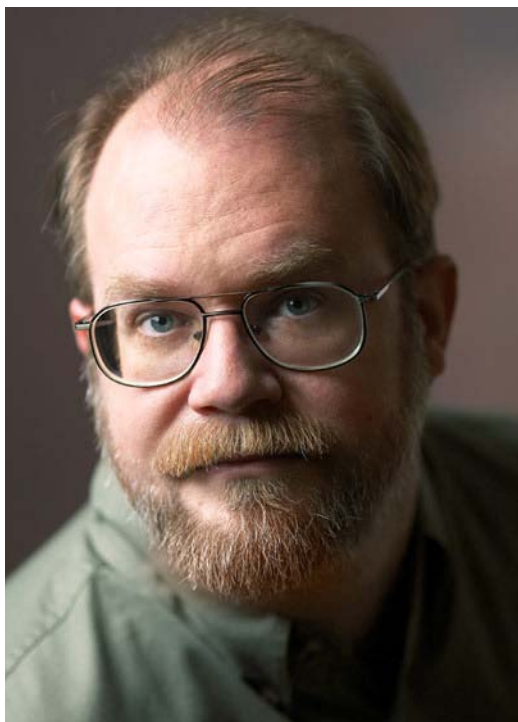
Maga a könyv: magával ragadó, izgalmas, mint egy krimi, le sem lehet tenni, megunhatatlan. Ha az embert hajtja a természettudomá-



nyos megismerés utáni olthatatlan vágy vagy csak a pusztá kíváncsiság a körülöttünk kitarulkozó világ szépségei iránt, garantált az elégedettség. Nos, hogyan is lehetne bemutatni eme csodás, „mindennapi” elemeket? Mi sem egyszerűbb, kezdjük az elején, csak szép sorjában, forgatókönyvünk a periódusos rendszer.

1869 jelentős dátum a kémia történetében, ugyanis *Dmitrij Mengyelejev* (1834–1907) elkészítette az akkor még csak közel 60 elemet tartalmazó periódusos rendszerét. Meghazudtolva korát, találékony elméjének segítségével megjósolta további elemek felfedezését, helyet hagyva nekik a táblázatban. Tiszteletből 1955-ben a 74. nap felezési idejű 101-es kémiai elemet róla neveztek el mendeléviumnak.

A könyv könnyen érthető nyelvezete révén bárki pillanatok alatt, szinte észre sem veszi, játszva tanul, sőt, mi több, szórakozva is, hiszen a humornak sincs híján a szerző. Tovább dicsér-



Theodore Gray

ve a kötetet, a sikeresség egyik kulcsa a könyv felépítésében rejlik, hiszen amint kezünkbe vesszük és belelapozunk, szembetűnik az ötletesség. Minden egyes elem legalább egy oldalpárt kap, amely lényegében mondható egy fényképes igazolványnak is. „A fotókhoz mellékelt szeméyleírás érdekes históriákat közöl, kuriózumokkal szolgál, jellemrajzot taglal – a lehető legalaposabb bemutatóját adja az illető kémiai elemnek. Persze kötelező a természettudományos pontosság; minden fontos és árulkodó tulajdonság – atomtömeg, atomsugár, kristályrácsrajz, elektronhéj-szerkezet, emissziós spektrum, halmazállapot”, sűrűség és relatív atomtömeg – „megjelenik az elemek személyi adatai között.”

Vajon belegendoltunk-e már abba a ténybe, hogy minden hétköznapi tárgyban megtalálható a kémiai elemek sokasága? Tudnánk-e olyan reakciót mondani, amely nem kémiai átalakulás vagy folyamat? A válasz egyszerű: nem. A ké-

mia ott van mindenhol, az elemek meg főként. Ennek bebizonyítására szolgáljanak az alábbi példák!

Nézzünk szét az otthonunkban! Melyik háztartás ne rendelkezne elektronikai kutyuk tömkelegével? Hadd említsek meg párat: televízió, DVD-, esetleg Blu Ray-lejátszó, rádió, számítógép, mobiltelefon, világítástechnikai eszközök stb. A hagyományos televízió telt vörös színét eurórium-foszforok adják, ugyanakkor kompakt fénycsövek alkotói is. A DVD-RW lemezek újraírható rétegét a tellúr-szuboxid adja. A számítógépek nem létezhetnek legfőképpen félvezető lapok, kondenzátorok, nyomtatott áramkörök nélkül. Előbbiek között találunk olyan lapokat, melyek gallium-arsén, szilícium-ötvözetek; a kondenzátorokat tantáliból, az áramköröket aranyból, szilíciumból készítik.

Sokan használjuk az internetet nap, mint nap. Elsősorban itt most nem a vezeték nélküli kapcsolatról esne szó, hanem az optikai kábel különleges kémiai eleméről. Ő az erbium. Különös és különleges tulajdonsága, hogy a száloptikában terjedő fényt erősíteni tudja anélkül, hogy a kábelben folyamatosan megtörő fényt előzőleg elektromos jellé kellene átalakítani.

Azok az okos telefonok, melyeket jelenleg sokan használunk – tekinthetjük őket apró számítógépeknek –, hosszú távú hordozhatóságuk végett akkumulátorral rendelkeznek. A piacon elterjedtek a Li-ion elemek, akkumulátorok, melyek 20–30 évet is szolgálhatnak. Népszerűségük annak köszönhető, hogy a Li⁺-ion sokkal könnyebb, mint a nikkell; ezek az elemek tartósabbak is, kevés mérgező anyagot tartalmaznak. Mivel még a kimerült cella is képes legalább 3 V-ot szolgáltatni az 1–1,25 V-os NiCd-, illetve Ni-metál-hidrid (NiMH)-akkumulátorokkal szemben (teljesen feltöltött állapotban mintegy 4 V a cellafeszültség), egyetlen cellával táplálható a legtöbb modern mobiltelefon.

Ahogy a technológia fejlődik, energiafelhasználás szempontjából csökkenteni törekszünk a fogyasztás mértékét. Ki ne hallott volna a ledekről? Minden színben pompázhatnak. A teljesség igénye nélkül itt van néhány szín-vegyület, ötvözet kombináció:

- zöld – pl. InGaN, azaz indium-gallium-nitrid;
- piros – pl. alumínium-gallium-arszenid (AlGaAs);
- sárga – pl. gallium(III)-foszfid (GaP).

A személygépkocsik világítását nemességátöltésű izzókkal oldják meg. Használják kripton, xenon is. A xenontartalmúaké sokkal szebb fényt ad, de drágábbak is. De ha már itt tartunk, akkor említsük meg a neont is. Sok ezer volt feszültség hatására a neoncsövek tündöklően beragyoghadják a városok utcáit, kirakatok kínálatait.

Visszatérve az autókra, még több elemmel találkozhatunk, főként fémekkel, köztük a platinafémekkel, alumíniummal, magnéziummal, ólommal és még sorolhatnám. Alumíniumötvözetből van a karosszéria, magnéziumötvözetből készül a kerékagy, a gyújtógyertyákban megtalálható a palládium, az irídium, sőt az ittrium is. Katalizátorból kevés is elegendő, főként, ha platínáról beszélünk, de alkothatja még palládium is. A villanymotor mágneseként az igen erős neodímium szolgál, de nem csak itt használják, hangszórókban is, ékszerekhez is. Ha szerencsétlenségünkre balesetet szenvedünk, az ütközés-érzékelő rendszer bekapcsol és felfújódik a légszék. Egy igen gyors reakció játszódik le, mely során nitrogéngáz fújja fel a zsákot. A nitrogénforrás a NaN_3 (nátrium-azid).

Térjünk át az egészségünkre, esetleges betegségek felderítésére!

Fontos a sportolás, tegyük azt szabadban, esetleg fedett helyen. Vannak, akik szeretnek golfozni, kiváló minőségű golfütők alkotóféme a titán. Vannak, akik kerékpározni szeretnek. Fontos a váz ötvözete. A legjobb minőségűek szkandium-alumínium, illetve titán ötvözetek.

Az orvostudományt nagymértékben segítik a mágnesek, gondoljunk az MRI berendezésre, a radioaktív elemek, különböző vegyületek is: BaSO_4 , Tc, Gd-, Bi-sók, Pb-pajzs. Pontosan miért is ezek a vegyületek, elemek szolgálnak diagnosztikai célra, a könyvben bővebb információt kapunk rá.

További érdekességeknek lehetünk szemtanúi, ha elolvassuk a könyvet. Csak néhányat megemlítve: ékszerek valódisága, bizsuk anyaga, konyhakések élessége, barkácsolásban ott-hon lévőeknek: fúrófejek, csiszolófejek ötvözetei. Miért kell szellőztetnünk rendszeresen, illetve vajon veszély leselkedik-e ránk, ha gyakorta fogyasztjuk a tenger gyümölcseit? Miért jó játék a Silly Putty? Megtudjuk azt is, hogy honnan ered az idő pontossága. Zenekedvelőknek: miből készül az elektromos gitár hangszedője és még sorolhatnánk.

Összefoglalva, miért is ajánlom bárkinek, kicsiknek, nagyoknak ezt az albumot? Nemcsak azért, mert színes, bámulatos kötet, hanem azért is, mert bevezet a kémiai elemek szépségébe. Első pillantásra a borítólap az, ami már azt sugallja, hogy érdemes elolvasni. Ám nem egyből az elemekkel indul a könyv, hanem a szerző először bevezeti az olvasót a kémia alaptörvényeibe. Ezt követően mélyedhetünk el az elemek sokaságában, szépen haladva rendszámról rendszámra. Rendkívül sok érdekességről szerezhethetünk tudomást, tulajdonképpen ez hajt mindenkit, a tudás utáni vágy. Befejezve a könyvet, hatalmába kerít minket az az érzés, hogy a világ kitarulkozott előttünk, lehullt a lepel minden elemről, megmutatták valódi, tiszta és társas valójukat.

A kötet 240 oldalas, cérnafűzött, kötött, védőborítóval ellátott, az Officina '96 Kiadó adta ki. Külön meglepetésként egy kivehető képes periódusos rendszert is tartalmaz.

Nánási Nikolett

Törökné Csörgő Judit

Kártyázzunk kvarkokkal a kémiaórán!

A középiskola 9. osztályában az első témakörben az atommodelleket tárgyaljuk.

Ennek során a gyerekek megismerkednek a világunk legkisebb alkotóelemeiről a különböző korokban kialakított tudományos álláspontokkal, illetve ezek alapjaival. Démokritosz, Dalton, Thomson, Rutherford és Bohr atommodelljei után már kialakul egy kép az atomról a gyerekek fejében, amelyet talán érdemes tovább bővíteni a protonokat és a neutronokat alkotó kvarkokkal, és az erős kölcsönhatásban részt nem vevő leptonokkal – ezek közül az elektront már ismerik is.

A 2011-es év során több hír is megjelent a médiában a Részecskes kártyajátékról, amelynek ötlete gimnáziumi éveimig nyúlik vissza. Ekkor alkottuk meg a kártyákat Török Csaba gimnáziumi osztálytársammal, majd kitaláltuk az első néhány játékot, amelyeket édesapám, Csörgő Tamás segítségével továbbfejlesztettünk, és több új játékot is kidolgoztunk. Az ő közbenjárásával azóta a játék bejárta a világot: első sikereit a Magyar Innovációs Szövetség 19. Ifjúsági Tudományos és Innovációs Tehetségkutató Versenyén [1] érte el, majd több előadás és játékdélután élményei után Amerikában debütált a RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) részecske- és nehéziongyorsító hivatalos honlapja [2], a Részecskes kártyajáték ismertetésével köszöntötte a Kémia Nemzetközi Évét, 2011-et. Ezt követően a játék széles publicitást kapott, a kártyajáték feltalálásáról riportot közölt többek között a Science Magazin

is „Subatomic Shuffle – Szubatomi keverés” [3] címen. Magyarországon is több cikkben [4, 5, 6], valamint rádió- és televízióműsorban [7, 8] szerepelt, majd az ELTE Hallgatói Innovációs Pályázatán második díjat nyert [9]. Azóta elkészült a játékról írt könyv több nyelven is, magyar nyelven pedig már melléklettel együtt kapható a második kiadás [10, 11].

A jelen cikkben a Részecskes kártyajáték rövid bemutatásán túl leendő kémia tanárként a játék iskolai alkalmazását szeretném ismertetni. Az alábbi kérdéseket járom körül: hogyan vihető be a játék az oktatásba; milyen kompetenciákat fejleszt; miért jó a tanároknak és miért jó a gyerekeknek.

A Részecskes kártyajáték jelenlegi, kereskedelmi forgalomba hozott változata egy, a játékokat és a fizikai hátteret dióhéjban ismertető könyvet és egy kártyapaklit tartalmaz gyerekeknek, szüleiknek és rokonaiknak ajánlva, 5–99 éves korig. A könyv részletes, de könnyen érthető bevezetést nyújt a részecskefizikába, a jelenleg nagy közfigyelemnek örvendő részecskegyorsítók világába, majd példajátékokkal is szemléltetve megismerteti az olvasót a kvarkos kártyajátékokkal.

Különböző nehézségi szintű játékok szerepelnek a könyvben, óvodás kortól egészen a „kutatói” szintig, így biztosan talál mindenki a számára megfelelőt. A második magyar kiadásban 4 játék leírása szerepel, de ezeknél több is játszható a kártyákkal: az egyik legújabb fejlesztés például a *Találd meg a Higgs bozont!*

elnevezésű játék, aminek az aktualitását a CERN-ben jelenleg is folyó és nagy közérdeklődés mellett zajló kísérletek motiválhatják.

A kártyalapok az elemi részecskék Standard Modellje alapján készültek, találhatunk köztük kvarkokat, antikvarkokat, leptonokat és antileptonokat. A játékok során figyelembe vesszük ezen részecskék elektromos töltését, színtöltését és leptonszámát, ezáltal a játékosok a tudomány jelenlegi állapota szerint a valósághoz meglehetősen közeli képet kapnak a részecskék természetéről, kémiai és fizikai tulajdonságairól. Ez azért nagyon előnyös, mert manapság már a műveltség egyik fontos pillére a modern tudományban való alapvető jártasság. A játékhoz kapcsolódó élmény miatt az ismeretszerzés szinte tudat alatt működhet, ehhez pedig nem kell más, mint egy jó hangulatú tanóra, játékdélután vagy szakkör a Részecskés kártyajátékkal. Ennek felépítéséhez nyújt segítséget a jelen cikk.

Megvalósítás

A játékokat alapvetően 2–7 játékos játszhatja kényelmesen, de iskolai szituációban. Tanítási céllal megvalósítható a játék egy kisebb osztály részvételével akár egy kártyacsomaggal is. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy a gyerekek sokkal jobban szeretnek játszani vele, mint azt a sok-sok információt meghallgatni, amit tanárként el lehet magyarázni a kártyák segítségével.

Egy körülbelül 30 fős osztály esetében legalább 6, de ideális esetben 10 pakli kártyára van szükség. Osszuk 3–5 fős csoportokba a gyerekeket, majd osszuk ki a csoportoknak egy-egy paklit! Mindenki ismerkedjen egy kicsit a lapokkal. A tanár röviden mutassa be a lapok típusait: mindegyik fajtából kerüljön fel egy-egy a táblára, a gyerekek feladata pedig az legyen,

hogy keressék ki ők is a saját paklijukból azt a lapot, amit a tanár éppen felírt a táblára. A rövid ismerkedést követően már kezdődhet is az első játék, a *Kvarkanyag*. Ez a játék az Ősrobbanást követő extrém állapotot idézi, amikor az Univerzumot egy rövid időre a hatalmas energiasűrűségnek és nyomásnak köszönhetően kvarkok és gluonok alkotta forró anyag töltötte ki [12]. A játék a nehézion-ütközésekben zajló, az Ősrobbanást modellező folyamat időbeli fejlődését követi végig, miközben a játékosok megtanulják a színtöltés megmaradásának elvét, a hadronizáció fogalmát, a dilepton-párok kialakulásának körülményeit és a neutrínók néhány érdekes tulajdonságát. És mindezt nem bonyolultabban, mint ahogy az ember megtanul egy általa még nem ismert kártyajátékot.

Érdeemes úgy dolgozni, hogy először az egyik csoporttal a tanár bemutatja a játékot, miközben a többiek nézik; majd a csoportok már egyedül is játszhatnak. Eközben fontos, hogy a tanár is kövesse az eseményeket, járjon körbe a csoportok között, hogy a gyerekek tudjanak kérdezni, ha valami esetleg nem világos. Miközben játszanak, egyre több és több információt lehet elárulni nekik: az első játék során még lehet, hogy csak barionokat gyűjtenek, de amint mutatunk nekik egy mezont, már ezt is megismerik és gyűjteni fogják. Ha már nagyon jól megy a gyerekeknek a hadronizáció (azaz a kvarkok hadronokká való összeállítása), lehet nehezítést alkalmazni: az kap az adott hadronért pontot, aki tudja a töltését is. Ezzel bevezetjük az elemi részecskék elektromos töltésének a fogalmát a már megismert színtöltés (és az eddig nem tudatosított, de már használt leptontöltés) fogalma mellett. A következő szinten már nem elég a töltését tudni, a gyűjtött hadron nevéért és töltéséért együtt jár csak teljes pontszám, és így tovább. A játékokat természetesen bárme-

lyik szinten abba lehet hagyni, a csoportok befogadóképessége és a rendelkezésre álló időke-ret függvényében. Érdemes a foglalkozás vége felé közeledve a csoportok győztesei között egy döntőt is lebonyolítani, ahol már minden csoport a saját győztesének szurkolhat, illetve ha már töltést vagy nevet is tudni kell a játék végén, akkor azt már nem csak a csoportgyőztes, hanem a csoport többi tagja is mondhatja, ha tudja.

A második játék, vagy egy következő foglalkozás témája legyen az *Anti*, a gyerekek kedvence. Több gyerekcsoporttal játszottuk már, és mindig nagy sikert aratott. A *Kvarkanyag* után ezt már könnyedén megtanulják, és nagyon hamar ráéreznek a játék ízére. Ezt a játékot párokban kell játszani, a cél a kártyáktól való megszabadulás a *Kvarkanyagban* megtanult megmaradási törvények figyelembevételével.

A játék fejleszti a gondolkodási, tudásszerző és tanulási kompetenciákat, ezeken belül pedig kifejezetten a motívumelsajátító, összefüggést kezelő és a rendszerező képességet, ugyanis a játék legfontosabb eleme a megfelelő szabályok alapján a lehető leggyorsabban lerakott kártyák mellett bizonyos helyzetek, minták létrehozása és észrevétele; valamint a játék már a témájánál fogva is fejleszti az ismeretszerző és ismeretelsajátító képességeket is.

A foglalkozás megvalósítására a következőket javaslom: alakítsunk 2-3 fős csoportokat az osztályban, és osszuk ki a kártyapaklikat. Ha a gyerekek kisebbek (általános iskolások), akkor az első feladat legyen a kártyalapok szétválogatása kvarkokra és leptonokra¹. Ha a gyerekek nagyon kicsik, akkor még az elnevezés sem lényeges, elég annyit mondani, hogy különítsék

el a fekete-fehéreket a színes lapoktól. Először a kvarkokkal játszunk, amiket a színes lapok modelleznek a pakliban. A könyvben leírt kvarkokra vonatkozó *Pakolási szabályok* alapján kezdjük el játszani, egyelőre a leptonok nélkül. Így hamar meg tudják tanulni, hogy melyik színre mit tehetnek, és mikor van *Anti-helyzet*, amit észrevéve akár meg is nyerhetik a játékot. Miután ez már nagyon jól megy, tegyük félre a kvarkokat, és vegyük elő a leptonokat. Ismételjük meg ugyanezt a leptonokat modellező fekete-fehér kártyákkal is: tanuljuk meg, melyik lapra mit tehetünk, mutassuk be röviden a leptonok játékban szereplő két családját – itt csak arra gondolok, hogy keressünk ki a pakliból egy-egy lapot, ami az elektront, a pozitront, az elektronneutrínót és az anti-elektronneutrínót jelképezi, és járjunk el hasonlóan a müon-családdal is. A *Pakolási szabályok* elsajátítása során jó, ha tisztában vannak vele a gyerekek, hogy a leptonszám és az elektromos töltés megmaradási elvet alkalmazzák felváltva. Ha már ez a játék is jól megy, biztosak benne, melyik lapra mit tehetnek, és mikor van *Anti-helyzet*, akkor kezdődhet az igazi *Anti*. Ez a játék a két eddigi bevezető összerakása, nagyon komplex és nagy figyelmet igényel, de a gyerekek – talán éppen ezért – nagyon szokták szeretni. Az eddig megtanult kétféle *Anti-helyzet* mellé társul egy harmadik is, amiben már mind a leptonokra, mint a kvarkokra figyelni kell, ami még bonyolultabbá teszi a helyzetet. A gyerekek viszont jól szokták venni az akadályokat, egyre jobban és gyorsabban játszanak. Érdekes módon, ha egy 12 éves gyereket fél óra gyakorlás után például egy középkorú, nem túl gyors részecskefizikussal szemben leültetnek játszani, a játéknak

¹ Megjegyzés: itt természetesen nem valódi kvarkokról vagy leptonokról van szó, hanem csak kvarkokat és leptonokat modellező kártyalapokról. A fogalmazásbeli egyszerűség kedvéért és a könnyebb érthetőség miatt mégis így hívom őket, de fel kell híjni a gyerekek figyelmét rá, hogy a kártyajáték csak a valóság egy modellje, nem azonos vele.

egészen kétes a kimenetele: a részecskefizikusnak csak akkor van esélye nyerni, ha folyamatosan *Anti-helyzeteket* alkot, mert egy ügyes gyerek olyan gyorsan tudja rakosgatni a lapjait, hogy alig lehet szemmel követni. A játékot tesztelte már több iskoláscsoport Magyarországon és külföldön is [13, 14], legtöbbször felső tagozatosokkal és középiskolásokkal játszhattunk szakkörön, önképzőkörön, táborokban. Voltunk már társasjáték-klubban is játékdélutánon [15], illetve több részecskefizikai témájú előadás, szeminárium végén is tartottunk bemutatót a játékról, valamint magunk is játszottunk a szórakozni vágyó fizikusokkal, hallgatókkal.

A két játék megtanítása után mindenképpen érdemes néhány szót ejteni a CERN-ről, az e cikk írásakor is nagy erővel folytatott Higgs bozon kereséséről, valamint az egész kutatás fontosságáról, akár az új *Találd meg a Higgs bozont!* elnevezésű játék megtanításával is [16]. Így a gyerekek számára is sokkal közelebb kerül az egész témakör a valósághoz, s ezáltal az interneten olvasott és a televízióban hallott hírek pedig hozzájuk. Hátha emiatt többeket érdekelnek majd a természettudományok, de ha nem, akkor is marad egy szép emlékük arról a játékról, amiben akár a tanárukat is megverhetik a saját szakterületén.

Játékra fel!

Irodalom

- [1] http://www.innovacio.hu/ifj_verseny_pdf/19_kiadvany_vegeredmeny.pdf
- [2] <http://www.bnl.gov/rhic/news2/news.asp?a=2175&t=today>
- [3] <http://www.sciencemag.org/content/331/6014/129.4.full?sid=50e6d9b8-90cf-44e1-ba6f-0ec7fa39fe6a>
- [4] http://mta.hu/tudomany_hirei/jatekos-reszecskefizika-126825/
- [5] http://www.ng.hu/Tudomany/2012/02/bajos_az_adu_kartyazzunk_kvarkokkal
- [6] Török Csaba, Csörgő Judit: Részecskes kártyajáték. *Természet Világa*. 2011. májusi szám. 236. oldal.
- [7] http://videotar.mtv.hu/Videok/2011/02/13/16/Fogadoora_2011_februar_13_.aspx
- [8] http://videotar.mtv.hu/Videok/2011/02/12/15/Delta_2011_februar_12_.aspx
- [9] http://uzleti-innovacio.blog.hu/2011/02/27/elte_innovacios_nap_2011_ketten_vehettek_at_az_elte_innovativ_kutatoja_dijat
- [10] <http://www.lulu.com/spotlight/Reszecskeskartya>
- [11] <https://sites.google.com/site/particlescardgame>
- [12] <http://phenix.elte.hu/index.php>
- [13] http://www.meetthescientist.hu/index.php?name=2_1011
- [14] <http://www.bnl.gov/rhic/news2/news.asp?a=2175&t=today>
- [15] <http://www.homoludens.hu/node/32081#comment-1985541>
- [16] Csörgő Tibor: Hogyan csináljunk kártyajátékból Higgs bozont? *Természet Világa* II. Mikrovilág különszám, 2013 (megjelenés alatt) <https://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=63&sessionId=7&resId=0&materialId=paper&confId=218974>

2012-ben útra kelt a kémia: elindult a CHEMGENERATION Roadshow!

Az utánpótlás nevelése és a szakmai elhivatottság a cél

A Magyar Kémikusok Egyesülete és a BASF által alapított Chemgeneration internetes tudásbázis a 2012-es tanévben a virtuális térből belépett a laboratóriumok világába és országos turnéra indult. A Chemgeneration Roadshow célja az volt, hogy felkeltse a pályaválasztás előtt álló középiskolások érdeklődését a kémia iránt és támogassa az egyetemi és főiskolai szintű képzések, illetve a tudományág iránt elhivatottak utánpótlását.

Elegendő hallgató, kevés végzős

A felvi.hu 2011–2012-es statisztikájának adataiból kiderül, hogy 2012-ben, országosan kémia szakon 416-an, vegyészmérnöki karon pedig 414-en kezdhették meg tanulmányaikat. Az igazi problémát nem is a jelentkezők, hanem a végzősök száma jelenti, amely a húsz évvel ezelőtti szint alatt marad. A szakirányra felvettek csupán 20%-a fejezi be sikeresen tanulmányait, a tanárok képzésénél pedig a helyzet egyenesen drámai: évente körülbelül csak öten kapnak kémiatanári diplomát. E helyzeten kívánt javítani a program, amelynek keretében közel ezeröttszáz középiskolás diák végezhetett látványos és szórakoztató kémiai kísérleteket felsőoktatási intézmények laboratóriumaiban a Chemgeneration Roadshow keretében.

„A Chemgeneration országos turnéra indul, hogy a laboratóriumok izgalmas világába csábitsa a fiatalokat. A nagy döntés előtt álló kö-

zépiskolások a nyílt napokon olyan élménnyel gazdagodhatnak, amely nemcsak a továbbtanulást, hanem már a későbbi pályaválasztásukat is befolyásolhatja.” – nyilatkozta Simonné Dr. Sarkadi Livia, a Magyar Kémikusok Egyesületének elnöke.

Az utánpótlás nevelését szolgáló kezdeményezéshez öt egyetem és két főiskola csatlakozott: a **Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**, az egri **Eszterházy Károly Főiskola**, a **Miskolci Egyetem**, a **Nyíregyházi Főiskola**, a **Pécsi Tudományegyetem**, a soproni **Nyugat-Magyarországi Egyetem** és a **Szegedi Tudományegyetem**. Az intézmények nyílt napokon várták a diákcsoportokat. A roadshow állomásain szórakoztató kémiaórákkal és érdekes kísérletezéssel szólították meg a továbbtanulókat: a jövő lehetséges vegyészzeit, kémiaprofesszorait és kémiatanárait.

„A vegyipar innovációi kiemelt szerepet játszanak a fenntartható fejlődésben, amelyhez mindig szükség lesz elhivatott kémikusokra, ezért is vagyunk a természettudományos oktatás elkötelezett támogatói világszerte.” – mondta Dr. Herbert Fisch, a BASF Hungária ügyvezető igazgatója.

A diákok szaktanárok irányításával folytathattak izgalmas kísérleteket, és idézhettek elő a hétköznapokban is előforduló kémiai reakciókat. Minden helyszínen más és más feladatokkal várták őket. Egerben például szferifikációs eljárással gyümölcs ízű kaviárt készítettek, Szegeden titkos írást fedtek fel kurkuma kivonat segítségével, Miskolcon pedig kipróbálták az

elemanalitika egyik látványos módszerét, a lángfestést.

A tevékeny kísérletezést komoly elméleti kutatómunka is kiegészítette, így a diákok megtapasztalták, hogy a feladatok sikeres elvégzéséhez alapos, következetes és kitartó munka szükséges. Néhány helyszínen gyakorlott előadók látványos kémiai bemutatókkal színesítették a programot, így az iskolások láthattak oxigéngáz képződést és égést, egyszerű durranógáz próbát és hidrogéngázzal végzett kísérleteket is.

Néhány helyszín összefoglalója

A **Nyíregyházi Főiskolán** a tanulók és kísérő tanáraik 3x60 percet töltöttek.

Az első órában egy bevezető kísérleti előadás részesei voltak (Sarka Lajos tartotta),

melyben néhány balesetvédelmi rendszabály gyakorlati alkalmazása (pl. eloltható-e vízzel az égő benzin) mellett a szén-dioxid, oxigén és a hidrogén előállítását és néhány fontos tulajdonságát ismerhették meg.

Ezután magukra öltötték a fehér köpenyt és a védőszemüveget, s a 12 fős laborokba vonultak kísérletezni.

Három különböző kísérletsorból kettő elvégzésére volt lehetősége minden tanulónak. Minden foglalkozáshoz néhány oldalas munkafüzet (jegyzőkönyvet) készítettek, amelyekbe a tanulók rögzíthették a kísérletek rajzos tervét, a tapasztalatokat, következtetéseket, majd egyeztetve a többiekkel, megadták a magyarázatokat is (pl. reakcióegyenletek leírásával).

A tanulókísérletek során Kulcsár Katalin szakvezető tanárnő irányításával megvizsgálták,



Nyíregyháza

hogyan reagálnak a fémek vízzel, savakkal, lúgokkal, melyek képeznek komplexeket stb.

Sallainé Török Anita tanárnő segítségével megtanulták a lángfestés alapján azonosítani az alkáli- és alkáliföldfémeket, valamint kimutattak néhány toxikus fémiont jodidionnal képezett csapadékuk színe alapján.

Sarka Lajos tanár úr pedig pH vizsgálatok segítségével a sók hidratációja és hidrolízise közötti különbségre hívta fel a figyelmet, de sor került néhány jellemző színű, szagú (pl. kén-hidrogén) gáz kis mennyiségben való előállítására is (csepp- vagy csempékísérletek).

A kísérletek, laboratóriumok előkészítését Pivnyik Istvánné laboráns végezte.

A középiskolás tanulók nagy figyelemmel követték az előadást, majd aktívan vettek részt a gyakorlatokon. A kísérleteket fegyelmezetten végezték, a magyarázatokat vagy önállóan, vagy tanári segítséggel adták meg. Ez a hozzáállás is arról győzte meg a helyi szervezőket, hogy a tevékenykedve tanulás vonzóbb a diákság számára. A kísérleteket változatosnak, érdekesnek, némelyeket látványosnak találták és örültek, hogy eljöttek a programra.

Ez a program lehetőséget adott arra, hogy a tanulók ne csak bepillantsanak a laboratóriumokba, ne csak lássák a tanárok/oktatók által bemutatott kísérleteket, mint mondjuk egy nyílt nap alkalmával, hanem saját maguk is elvégezhették azokat olyan körülmények között, mint



Miskolc

a hallgatók. Ugyanazokkal az eszközökkel és vegyszerekkel dolgozhatnak, ugyanolyan „öltözetben”, biztonságosan.

A **Miskolci Egyetem Kémiai Intézete** három miskolci (a Kossuth, a Zrínyi, és a Diósgyőri), valamint az encsi és a mezőkövesdi gimnáziumok harminc-harminc tanulója látta vendégül kísérletezésre a roadshow keretében.

A kísérleteket három tíz fős csoportban Dr. Zákányiné Mészáros Renáta, Dr. Muránszky Gábor adjunktusok és Vanyorek László tanársegéd irányításával végezték a diákok. Egyszerű kísérletekkel a tanulók megtapasztalhatták a fizikai és a kémiai változás közötti különbséget. Összaha-

sonlíthatták az oldatokat, elegyeket a diszperz rendszerekkel. Megvizsgálhatták különböző fémek és savak, ill. lúgok kölcsönhatását. Levezetésként a lángfestésben gyönyörködhetnek és kipróbálhatták a kémiában rejlő „varázslás” lehetőségét a láthatatlan írásaik előhívásával.

Öröm volt nézni az ügyeskedő diáksereget.

A Miskolci Egyetem Kémiai Intézete hagyományt is ápolt e rendezvénnyel. 2012-ben volt 250 éve annak, hogy Mária Terézia akadémiai rangra emelte a selmeci elődintézményt, amelyik arról vált világhírűvé, hogy elsőként vezette be a hallgatók általi laboratóriumi kísérletezést a felsőoktatásba. Liebig, akitől a kémiában a laboratóriumi gyakorlatok bevezetését számítják,



Budapest

azon a párizsi főiskolán tanult, ahol a gyakorlati képzést selmeci mintára alakították ki.

Nem csak a múlt, a tanulók lelkesedése is folytatásra kötelez!

A **Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karán** közel 600 középiskolás diák (9–12. osztályosok) élhették át a kémiai kísérletezés élményét. Az eredetileg tervezett öt alkalom helyett a nagy érdeklődésre való tekintettel tíz alkalommal fogadtak diákokat, akik főként Budapestől és környékéről érkeztek, de fogadtak csoportokat Fonyódról, Siófokról és Szolnokról is. Tíz település (Budapest, Szentendre, Vác, Érd, Solymár, Fonyód, Siófok, Gödöllő, Szolnok, Budakeszi) és körülbelül 25 iskola diákjai látogattak el hozzájuk. A látogatók között állami, egyházi és alapítványi intézmé-

nyek, valamint gimnáziumok és szakközépiskolák tanulói is képviseltették magukat, jelezve, hogy a program sokakat megmozgatott.

Kétféle programot állítottak össze, amelyekből a csoportokat vezető tanárok választhattak a diákok tudásszintjének megfelelően. A kezdő program célja az volt, hogy azok, akiknek semmilyen kísérletezési lehetőségük nincs, megismerkedjenek alapvető kémiai reakciókkal és a háztartásban található vegyszerek működését is alaposabban megértsék. A vendéglátók számára igen örömteli volt látni, hogy a diákok mennyire élvezték a kísérletezést, és a művészeti szakközépiskola diákjai is érdeklődéssel végezték a gyakorlatokat. A haladó program során a tapasztaltabb diákok más, és többféle kísérletet végezhetek el, amelyek a diákok emelt szintű érettségire való felkészülését is segítették.



Szeged

Egy-egy csoportban körülbelül 32 diák volt, akik egy vagy két középiskolából érkeztek. A kisebb csoportok esetén törekedtek arra, hogy minél több diák számára biztosíthassák a kísérletezés lehetőségét. Egy napon 2 csoportot fogadtak, akik másfél-másfél órát kísérletezhettek a Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék Analitika laboratóriumában.

A program főszervezője Dr. Oláh Julianna volt, de a lebonyolításban Krámos Balázs is nagyon komoly szerepet vállalt. Munkájukat lelkes hallgatók, valamint két laboráns is segítette.

A **Szegedi Tudományegyetem Kémiai Tanszékcsoportja** által szervezett foglalkozá-

sok kb. másfél óra laboratóriumi munkát jelentettek, melyeket a Dóm téri felújított hallgatói laborok meglátogatása követett. A foglalkozások 10 alkalommal hétfői és keddi napokon, reggel 8 órakor kezdődtek. 10 osztály 200 tanulóját és 14 pedagógusát látták vendégül. Szakközépiskolások és gimnazisták mellett az általános iskolák nyolcadik osztályai jelentkeztek legnagyobb érdeklődéssel. Elsősorban szegedi iskolák képviseltették magukat, de egy üllési csoport is a résztvevők között volt.

Kísérleteiket a sav-bázis témakörre építették fel, egyrészt mert a jelenségek könnyen értelmezhetők és látványosak, másrészt a 8. osztá-



Sopron

lyos tanulók is ismerik már az ide kapcsolódó legfontosabb fogalmakat.

A programot pár perces balesetvédelmi oktatással kezdték. A kémcsőben való melegítés szabályait is felelevenítették. A megértést diavetítés is segítette. A diákon kevés szöveg szerepelt, inkább a képek domináltak, a szemléltetést szolgálva. Tizenkét egyszerű, ám könnyen értelmezhető kísérlet szerepelt a repertoárban, melynek igyekeztek nem szokványos címeket adni, hogy az érdeklődést még jobban felkeltsék, és a látottakat a hétköznapi tapasztalatokhoz kössék. (Pl. Mit szeretnek a finnek a Salmiakkiban?, Egy magyar kultuszital, „Tápossa laposra!”, „A horgosi csárdában ecet ég a lámpában...” stb.) Külön megemlékeztek Szent-Györgyi

Albertről, akinek 2012-ben emlékéve volt Szegeden, a Nobel-díj odaítélésének 75. évfordulóján. A kísérlet pedig mi más lehetett volna, mint az aszkorbinsav kimutatása.

A programot Németh Veronika tervezte, és a foglalkozásokat is ő vezette. A kísérletek gondos előkészítése Fazekas Gézané munkáját dicséri. A baleset- és zökkenőmentes lebonyolításban értékes segítséget nyújtottak lelkes hallgatók: Nánási Nikolett, Ocskó Szilárd (III. éves kémia BSc), Péter Nóra és Damásdi Eszter (II. éves vegyész MSc).

A Chemgeneration weboldal és a hozzá kapcsolódó programok célja továbbra is az, hogy felkeltse a fiatalok érdeklődését a természettudományok, azon belül legfőképp a kémia



Pécs

íránt. Éppen ezért a diákokat célzó projektek **2013-ban is folytatódnak**. Újabb egyetemek, az ELTE és a Debreceni Egyetem is csatlakozott a programhoz.

A chemgeneration.com-ról

A chemgeneration.com látványos köntösben és szórakoztató módon mutatja be a tudományág történetét, eredményeit és a civilizáció fejlődésére gyakorolt hatását. A kémiai tudásbázist a Magyar Kémikusok Egyesülete és a BASF Hungária Kft. alapította 2011-ben, a Kémia Nemzetközi Évében. A weboldal fő célja, hogy felébressze a tudományág iránti érdeklődést, valamint bemutassa a kémia helyét világunkban, beleértve kiemelkedő szerepét

az emberiség jövőjének és fenntartható fejlődésének szempontjából. A weboldalnak indulása óta közel 100.000 látogatója volt, 2011-ben oktatás kategóriában elnyerte „Az Év Honlapja” címet.

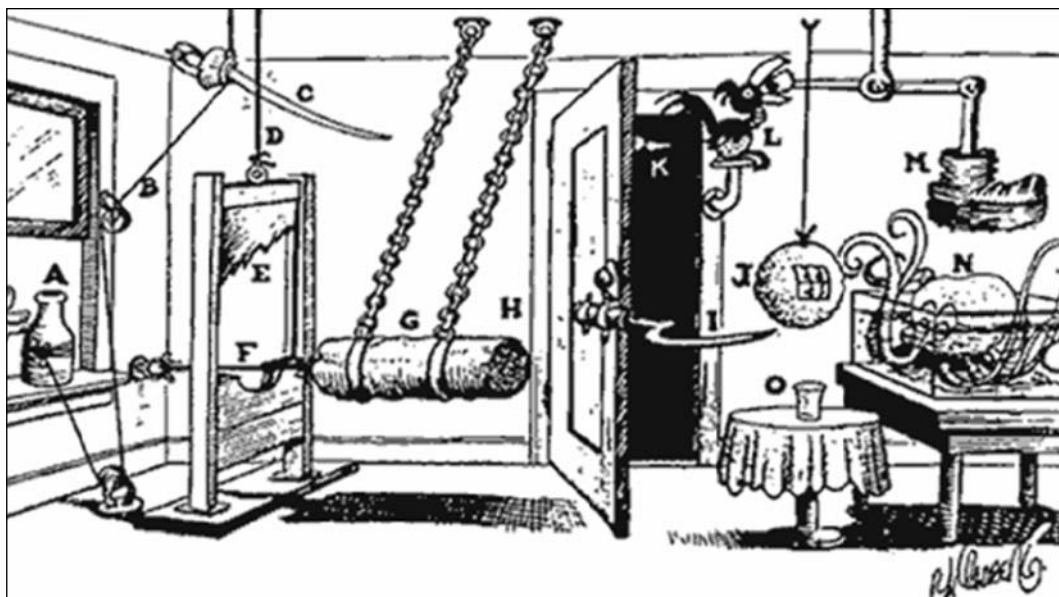
Chemgeneration 2013

2012-ben a szélesebb közönség elérése érdekében egy online játékot indítottak el a Chemgeneration oldalain FUTURE CITY néven, mellyel több, mint 54.000 játékos építette a jövő városát, megismerve a természettudományok legújabb innovációit. A Chemgeneration.com weboldal a megjelenése óta 110.000 látogatót vonzott több, mint 135 országból.

2013-ban a BASF és a Magyar Kémikusok



Eger



Változtasd a hétköznapi tárgyakat egy izgalmas gépezetté!

Egyesülete még nagyobb hangsúlyt fektet a diákok aktív bevonására, és az online világból ki-lephetünk az iskolákba és a tantermekbe. E mellett szeretnék szorosabbá fűzni kapcsolatokat a szakmai szervezetekkel és középiskolákkal is. Egy nagyszabású, a gyerekek és a kémiatanárok számára is élvezetes iskolai versenyt terveznek, melynek neve: „Chain Reaction”, azaz Láncreakció.

A „Chain Reaction”, azaz „Láncreakció” versenyen való részvételre minden kelet-európai országban 20–25, a kémiatanítás iránt elkötelezett középiskolát választanak ki. A kémiatanárok feladata lesz, hogy iskolánként egy 5 fős diákcsoportot toborozzanak. A tanulóknak pedig meg kell tervezni, majd a valóságban is meg kell építeni egy „Láncreakció” gépezetet, melyben fizikai és kémiai reakciók követik egymást minimum 10 lépésben.

A Chemgeneration.com-tól az iskolák kapnak egy-egy Varázsdobozt, amelyben számos hasznos kellék lesz, valamint egy ötleteket tartalmazó munkafüzet is. Ezekből az alapanyagok-

ból, valamint a kémia- és fizikaszertárban fellelhető és otthonról hozott hétköznapi tárgyakból kell a diákoknak egy olyan kreatív építményt létrehozniuk, melyben minden akció egy újabb reakciót indít el. Például egy guruló golyó meglök egy dominósort, ami aztán felborít egy poharat, amiből só borul egy vízzel teli edénybe, és mivel a sós víz vezeti az áramot, az felvillan egy izzót, és a többi és a többi. Utolsó lépésként pedig valamilyen módszerrel meg kell lengetni egy CHEMGENERATION feliratú zászlót.

A Láncreakció gépezetnek minimum három kémiai úton létrejövő reakciót is tartalmaznia kell, legyen az gázképződés (pl. felfújódik egy léggömb) vagy habtermelés (amely egy üvegből kilő egy parafadugót) stb.

Az elkészült és működő gépezetről a diákoknak egy videofelvételt kell készíteni (ez akár mobiltelefonnal is készülhet). Mivel nemcsak a diákok kreativitását szeretnénk látni, hanem az elméleti tudásukat is, ezért a videofelvételen a fizikai és kémiai reakciókat is el kell magyarázni a pályázóknak (pl. az iskolai táblára felírva

a képleteket). A videofelvételek elbírálását egy kémia- és fizikatanárokból, valamint az MKE és a BASF szakembereiből álló zsűri értékeli majd. De emellett online is lehet majd szavazni a legizgalmasabb vagy a legviccesebb láncreakciókra. A legjobbnak ítélt gépezetet felépítő diákcsoport minden tagja, valamint a nevező iskola is értékes ajándékot kap.

A „Chain Reaction” verseny előnye, hogy a diákok könnyed, játékos formában ismerhetik meg olyan fizikai és kémiai reakciók tudományos hátterét, amelyekkel a hétköznapiakban is talál-

kozhatnak. Az alapítók szeretnék, ha a diákok ráébrednének arra, hogy a kémia valóban körbevesz bennünket. Nem elhanyagolható szempont az sem, hogy a csapatmunka során a diákok megismerhetik a kreatív gondolkodást és a kísérletezés felejthetetlen örömét. Az alapítók remélik, hogy a „Chain Reaction” játék nem csak szórakoztató lesz, de a folyamatos konzultáció révén jelentősen erősítheti a tanár-diák kapcsolatot is.

Egy rövid kedvcsináló a részvételhez:

<http://www.youtube.com/watch?v=GQRzdWLb4TI&feature=youtu.be>

Dr. Szalay Luca

Örvendetes hírek

Kémiantanári honlap

Elkészült a Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE) Kémiantanári Szakosztálya által a magyarul tanító kémiantanárok számára létrehozott honlap [1]. Szerkesztésekor és a feltöltendő tartalmak kiválasztásakor figyelemmel voltunk a kémiantanár kollégák kéréseire és igényeire – hiszen az ő munkájukat szeretnénk segíteni. Ezért kerültek a honlap minden látogató számára elérhető kezdőoldalára a „Hírek, események” alá a kémiantanításhoz kapcsolódó versenyek és a kémiantanárok számára meghirdetett pályázatokat tartalmazó honlapok elérhetőségei. (Az előbbieket között van az Irinyi OKKK utóbbi két évének 1. és 2. fordulás feladatlapjait és megoldókulcsait tartalmazó honlap is.) Kollégáink kérésének megfelelően a „Kiadványok” rovatban (a sok más hasznos folyóirat mellett) közvetlen link vezet a **Középiskolai Kémiai Lapok** (KÖKÉL) legfrissebb számához is, amelyben a diákjaik által aktuálisan megoldandó és beküldendő feladatok szerepelnek. A ké-

miantanárok életében régóta neuralgikus pontot jelentő szertárkarbantartást szeretnénk segíteni a nyomtatásra kész vegyszercímkekkel, illetve a vegyszerbeszerzéssel és hulladék-elszállítással kapcsolatos információkkal. Ide töltjük majd föl azt a szertárkarbantartási útmutatót, amely a kérésünkre és a közreműködésünkkel készül (amint megkapjuk az Országos Kémiai Biztonsági Intézettől). A „Kémia szakmódszertan” rovatban a kémiantanítás megújítási törekvései mellett olvashatnak például a kollégák egy elemzést a kémiához kapcsolódó digitális tananyagokról, és találhatnak a tanári digitális kompetenciák fejlesztéséhez fontos, hasznos linkeket is. Kémiantanár kollégáink pályaaorientációs munkáját kívánjuk segíteni a szakirányú továbbtanulásról és a kémiához kapcsolódó karrierlehetőségekről szóló menüpontokkal. (Ez utóbbi oldalaira helyezük majd el a diákok ilyen irányú tudását felmérő kérdőívek válasza-inak elemzése után összeállított, osztályfőnöki vagy kémiaórákon levetíthető kész prezentációt is, valamint a hozzá kapcsolódó, háttérinformá-

ciókat tartalmazó segédanyagot.) Az „Oktatási segédanyag II” című menüpont szintén minden látogató számára szabadon megtekinthető. Ennek almenüjeiből elérhető például nagyon sokféle digitális tananyag, illetve tananyagcsomag (köztük több ingyenes is), valamint számítógépes modellezéshez, oktatástechnikai problémák megoldásához jól használható linkek. Van itt továbbá nagyon sok, kísérletekről készült filmekre mutató vagy laboratóriumi munkával kapcsolatos hasznos link, kész, kipróbált projektek leírásai, kémia történeti és egyéb érdekességeket tartalmazó honlapok címei...

Oktatási segédanyagok MKE-tagoknak

Joggal kérdezhetik a kollégák, hogy hol található akkor az „Oktatási segédanyag I” menüpont. Nos, ez kizárólag az MKE-tag kémia tanárok számára elérhető, az MKE titkársága által évente megküldött egyéni felhasználónévvel és jelszóval. Ezeket a kémia tanári honlapunkon a „Bejelentkezés” menüpontba beírva (és utána a kis zöld lakatra kattintva) láthatóvá válik az „Oktatási segédanyag I” menüpont és almenüjei is. Ezek között a „Kémia történet” oldal 63 darab, a legkülönbözőbb témájú, levetítésre kész PPT diasort tartalmaz. A „Kémiai kísérletek” között 44 db (részben összetartozó) Word, illetve PPT fájl van. Ezek az adott, érdekes kísérletek leírása mellett azok felhasználására vonatkozó módszertani ötleteket is tartalmazó szöveges fájlok; illetve a kísérletekhez kapcsolódó, azok bemutatása kapcsán levetíthető kis PPT prezentációk. A „Tematikus prezentációk” oldalon pedig 28 db további, a kémia tanításhoz kapcsolódó, az egyes témák tanításakor levetíthető PPT-t helyeztünk el. Összesen tehát jelenleg 113 olyan PPT fájl található itt, amelyek egy rövid átnézés, esetleg (ha szükséges) némi igazítás után kémiaórára bevihetők és levetíthetők. Ezeket a fájlokat az egyetemi hallgatóim, középiskolás diákjaim, illetve tanár kollégáim legjobban sikerült munkáiból válogattam ki –

kifejezetten azzal a céllal, hogy a honlapon való megjelenítésükkel a kémia tanárok munkáját segítsük. Terveink szerint időről-időre újabb fájlokat, illetve felhasználók által kiegészített és javított változatokat is feltöltünk majd ide.

Kedvezményes tagdíj kémia tanároknak

Nem titkolt szándékunk az, hogy (a honlap „Rólunk” rovatában olvasható „Beköszöntő”-ben írtaknak megfelelően) minél több kémia tanár legyen az MKE Kémia tanári Szakosztályának tagja, hiszen meggyőződésem szerint csak ez a fajta hálózatosodás teszi lehetővé egymás (sokszor nagyon nehéz) munkájának támogatását, a problémák közös megoldását. Ennek érdekében tehát kérem, hogy minél több kémia tanár kolléga lépjen be az MKE-be. A „Rólunk” menüpont „Tagság, belépés” almenüje egy kattintásra elvezet az MKE honlapjára [2], ahol a belépéshez szükséges minden információ elolvasható. Az „Általános információk” oldalon lehet letölteni a (nagyon rövid) „Belépési nyilatkozat”-ot, valamint a „Tagnyilvántartó lap”-ot. (A „Belépési nyilatkozat” menüpontban segédlet is található a kitöltéshez.) Ezeket a fájlokat kitöltés, kinyomtatás és aláírás után az MKE címére kell postán elküldeni (1015 Budapest, I. kerület Hattyú utca 16. II. emelet 8.). Aki a „Tagnyilvántartó lap”-on feltünteti, hogy aktív kémia tanárként dolgozik és munkahelyét is megadja, valamint jelzi, hogy a Kémia tanári Szakosztály tagja kíván lenni, annak csak a kedvezményes (50%-os, 2013-ban 3500 Ft/év) tagdíjat kell befizetnie. (Legegyszerűbben ez a név, lakcím, összeg rendeltetése feltüntetésével az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005 utalható, de a titkárság sárga csekket is szívesen küld, ha valaki ezt az mkl@mke.org.hu címen e-mailben igényli.) Kérem továbbá, hogy minden olyan kémia tanár kolléga, aki a fentiek ismeretében belép az MKE-be, jelezze ezt egy, az én címemre (luca@chem.elte.hu) küldött e-mailben is (amelyben feltünteti a teljes nevét, iskolájának nevét és

címét, valamint az általa oktatott tantárgyakat és azt is, hogy kíván-e az MKE Kémia tanári szakosztálya által működtetett levelezőlistán híreket és információkat kapni), hogy napról-napra követni tudjam, hogyan alakul a Kémia tanári Szakosztály tagsága. Nagyon fontos, hogy minél többen legyünk, hiszen csak így képviselhetjük azt az erőt, ami a közös problémák megoldásához szükséges. Fontos tehát tudni azt is, hogy a kémia tanári honlap elindításával a legfrissebb híreket és információkat már csak a Kémia tanári Szakosztály tagjai számára létrehozott mke-kemtanlista@googlegroups.com című levelezőlistán fogom küldeni. A kemtaninfo@listbox.elte.hu című levelezőlistát pedig csak arra használom majd, amire eredetileg létre lett hozva (ti. az ELTE Kémiai Intézet PR céljaira). Kérek minden kollégát, hogy biztassa a saját kémia tanár ismerőseit a Magyar Kémikusok Egyesületébe való belépésre.

Kémia tanári továbbképzés nyáron

A „Kémia tanárok Nyári Országos Továbbképzése” ismét megkapta öt évre a Minisztériumtól (EMMI) az akkreditációt. Így most már biztos, hogy idén nyáron Szegeden (előreláthatólag július 3–6. között) megrendezhetjük az esedékes továbbképzést. A tanfolyam témáinak összeállításakor igyekeztünk nagyon színes és érdekes palettát összeállítani. Az előadások és kísérletbemutatók, valamint a hagyományos üzemlátogatás mellett a résztvevő tanár kollégák is ismertethetik az adott témákhoz kapcsolódó saját tapasztalataikat és az általuk alkalmazott jó tanítási gyakorlatokat. Jelentős változás azonban a korábbi évekhez képest, hogy a tanfolyam elvégzéséről szóló igazolást csak azoknak fogja tudni kiadni az MKE titkársága, akik sikeresen kitöltik a tanfolyam végi tesztet, és beadnak egy olyan esszét (kb. 3 gépelt oldal, 10 ezer karakter terjedelemben), amely arról szól, hogy miként tudják beépíteni a továbbképzésen hallottakat és látottakat a sa-

ját mindennapi tanítási gyakorlatukba. A tanfolyammal kapcsolatos további információkat a kémia tanári honlap [1] „Továbbképzések”, illetve „Hírek, események” rovatában fogjuk megjelentetni, valamint az MKE Kémia tanári Szakosztály tagjainak (fent említett) levelezőlistáján is elküldöm majd.

Osztatlan tanárképzés kiemelt ösztöndíjjal

További jó hír, hogy idén már ismét lehet az érettségi utáni osztatlan, kétszakos tanárképzésre jelentkezni. Ez együtt jár a szaktárgyi képzés megerősítésével és a két szaktárgy kredit számának kiegyenlítésével (vagyis ezentúl nem képzünk a BSc-képzésre építve „másfél szakos” tanárokat). A jelek szerint az oktatáspolitikai azt is felismerte, hogy már középtávon kémia- és fizikatanár-hiány várható. Ugyanis a médiában az utóbbi hetekben gyakran hallható, hogy a hiányszakokon tanuló tanárjelölt hallgatók tetemes ösztöndíjra számíthatnak. Ezúton is kérem azonban a kémia tanár, illetve osztályfőnök kollégákat, hívják föl a tanári pályára készülők tanítványaik figyelmét arra, hogy csak látszólag kell idén mindenkinek a „4+1 éves (általános iskolai) tanárképzésre jelentkeznie. A valóságban ugyanis ez a képzés a 3. egyetemi tanév végén (pontosabban az előírt 180 kredit megszerzése után) elválnak az 5+1 éves (középiskolai) tanárképzéstől (vagyis azoknak a tanárjelölteknek a képzésétől, akik érettségit adó képzésben is taníthatnak majd).

Irodalom

[1] www.kemtan.mke.org.hu

[2] <http://www.mke.org.hu/tagsmainmenu-111/bels-mainmenu-112/ltals-informinmenu-11-3.html>

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

Rátz tanár úr életműdíj – 2013

(biológia-, matematika-, fizika-, kémiatanárok elismerésére)

Az Ericsson Magyarország, a Graphisoft SE és a Richter Gedeon közös díjat alapított magyarországi tanároknak, melyet a Fasori Gimnázium legendás hírnő matematikatanáráról „RÁTZ TANÁR ÚR ÉLETMŰDÍJ”-nak nevezett el. E díj gondozására létrejött az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért, amely díjazottakként az 1.200.000 forinttal járó elismerést minden évben két-két biológia-, matematika-, fizika- és kémiatanárnak ítéli oda.

A díjra a közoktatás **5-12. évfolyamain biológiát, matematikát, fizikát vagy kémiát tanító** (vagy egykor tanító) tanárok tejeszthetők fel írásban szakmai és társadalmi szervezetek, az ajánlott tanár tevékenységét jól ismerő kollektívák, kivételes esetekben magán-személyek által.

A felterjesztés feltétele, hogy a jelölt a magyarországi közoktatás területén – nem szervezői munkakörben – dolgozó, az 5-12. évfolyamokon kimagasló oktató-nevelő tevékenységet végző/végzett, olyan életművel rendelkező tanár legyen,

- aki legalább 10 éves közoktatási tanári gyakorlattal rendelkezik,
- akinek tanítványai az országos hazai és/vagy nemzetközi versenyeken a fenti tantárgyak valamelyikében az elsők között szerepeltek vagy többször a döntőbe jutottak,
- aki tevékenységében gondot fordít a hátrányos helyzetű, tehetséges diákok felfedezésére, tudásuk gyarapítására,

- aki jelentős szerepet vállal a fenti négy tantárgy valamelyikéhez kapcsolódó országos, regionális vagy iskolai szakmai programok (pl. versenyek, továbbképzések, tanácskozások) megszervezésében, a program tartalmának felépítésében és kivitelezésében (pl. előadások tartása, szakanyagok készítése, friss információ továbbítása),
- aki rendszeresen továbbképzzi magát, tájékozott az adott tudomány területén elért eredményekről, a tantárgy tanításával kapcsolatos aktualitásokról, tapasztalatait megosztja kollégáival,
- aki szakmai lapokban publikál, könyveket, tankönyveket, tanítási segédleteket írt vagy ír,
- aki a szaktárgyi felkészítés mellett hivatásának tekinti tanítványai nevelését, személyiségük fejlesztését, problémáik megoldásához segítséget nyújt,
- akinek személyisége, szakértelme, egész életvitele példamutató.

A díjakat a Bolyai János Matematikai Társulat és az Eötvös Loránd Fizikai Társulat díjbizottságai, a Magyar Kémikusok Egyesülete valamint a Magyar Biológia Társaság, a Magyar Biofizikai Társaság illetve a Magyar Biokémiai Egyesület ajánlásai alapján a három cég által felkért Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma ítéli oda az adott év kitüntetettjeinek.

A Kuratórium elnöke: Dr. Kroó Norbert

A Kuratórium tagjai: Lajos Józsefné

Dr. Falus András

Dr. Görög Sándor

A négy tudományos társaság a beérkezett ajánlásokat a fenti feltételek szellemében értékeli, s ennek alapján teszi meg javaslatait a díjazottakra 2013. október 08-ig. Ezen javaslatok alapján hozza meg döntését az Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma 2013. október 15-ig. A díj átadására várhatóan 2013 novemberében kerül sor.

Az írásos felterjesztéseket legkésőbb 2013. szeptember 25-ig kérjük eljuttatni elektronikusan az info@ratztanarudij.hu email címre, ahonnan azokat a megfelelő adminisztráció után, illetékesség szerint továbbítják a *Bolyai János Matematikai Társulathoz, az Eötvös Loránd Fizikai Társulathoz, a Magyar Kémikusok Egyesületéhez, a Magyar Biológia Társasághoz, a Magyar Biofizikai Társasághoz,*

valamint a Magyar Biokémiai Egyesülethez. A felterjesztéshez szükséges adatlap a <http://www.ratztanarudij.hu> honlapon található, a „Pályázati felhívás” oldalról letölthető.

A korábbi évek felterjesztéseit – ha azt továbbra is fenntartják a javaslattevők – ismételtén írásban kell megerősíteni!

Egy személynek három éven belül az Alapítók által létrehozott díjak közül csak egy adható.

A pályázattal vagy a felterjesztéssel kapcsolatos kérdések feltehető munkaidőben Lukovics Ildikónak a következő telefonszámon: **06-20-203-5507.**

Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért Kuratóriuma