

Keglevich Kristóf

■ Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium | keglevich@fazekas.hu

Kémia történet a kémia tanításában

Ötletek kémia tanároknak óráik színesítésére

Első rész*

A kémia köztudottan nem túl népszerű tantárgy. Ezért különösen nagy a tanár felelőssége abban, hogy megfelelően motiváljon, hogy lelkesítse a tanulókat. A motiváció legfontosabb módszere vitathatatlanul a kísérletezés; a tanári és a tanuló kísérleten kívül azonban számos más módon is fölkelthető a diákok érdeklődése. Ide tartozik a kémia hétköznapi vonatkozásainak megemlítése, izgalmasak a határtudományok, például az ásványtan, a különböző vegyületek élettani jelentősége, a környezetvédelem. Ebbe a sorba tartozik a kémia történet is.

A történelem, az események egymásutánisága önmagában is érdekes; egy-egy történeti kitérő a kémiaórákat is földobhatja. Tanulmányom első fele – amely jelen folyóiratszámában olvasható – módszertani szakirodalmi összefoglalás, illetve egy fejezetben konkrét példákat hoz a kémia történet tanítására: az etimológiai vonatkozások vizsgálatát. Ennél talán érdekesebb és lényegesebb lesz a cikk második fele, amelyben arról esik majd szó, milyen történeti kommentárok fűzhetők a középiskolai kémia tananyaghoz, a hagyományos irodalmon (tanterv, tankönyvek) túlmenően, gyakorló tanárok igényeihez szabottan. Egyfajta, az órák színesítésére alkalmas tudománytörténeti érdekességekből összeállított gyűjteményt kívánok bemutatni.

Kémia történet a szakmódszertani irodalomban

Az alábbiakban azokat a kémia tanárok számára könnyen elérhető, esetleg kimon-

dottan nekik szóló folyóiratokat tekintem át kémia történeti szempontból, amelyeket az 1980-as években vagy azután adtak ki. *A kémia tanítása* című módszertani folyóirat 1962-től 1989-ig jelent meg. 1993-ban a Mozaik Kiadó jóvoltából újjáéledt, 2013 óta sajnos csak elektronikusan jelenik meg (2014 óta szünetel). Régi és új folyóirat is viszonylag sok kémia történeti cikket közöl, évente átlagosan kettőt. Az 1970-es években Szőkefalvi-Nagy Zoltán, később Balázs Lóránt publikált sokat e témában. Ezek a cikkek azonban többnyire szak tudományos jellegűek, amelyek a pedagógusok számára fródtak érdekességként, az

oktatásban közvetlenül nem használhatók. Például: *Az első kémiai újságokról*, *A koloid kémia útja Magyarországon*, *A kémia oktatásának története hazánkban 1750–1950*. Kisebb számban jelentek meg olyan közlemények, amelyek olyan szorosan kapcsolódnak a tananyaghoz, hogy ezáltal beépíthetők a kémiaórákba. Ilyenek: sav-bázis elméletek és ezek oktatási vonatkozásai – a tudomány által használt fogalmak fejlődése, finomodása [1]; a daltoni szemlélet továbbélése napjaink nyelvhasználatában [2]; a vegyi fegyverkezés története [3]. Hasznosak az életrajz jellegű cikkek, amennyiben a tantervhez kapcsolható tudósokat

Tanóra a Fazekas Mihály Gimnáziumban



* Köszönet illeti Riedel Miklóst és Lente Gábort, amiért értékes megjegyzéseikkel, az irodalmazásban nyújtott segítségükkel hozzájárultak a tanulmány megszületéséhez.



mutatnak be. Jó ötlet volt Balázs Lóránt *Évfordulók* című cikksorozata, amelyben összegyűjtötte az adott naptári évben ünnepeelt 25, 50, 75, 100 stb. éves jubileumokat, jól használható listát adva a tanárok kezébe, amelyből egész évben válogathattak. Az első 1984-ben, Mengyelejev születésének 150. évfordulóján jelent meg [4]. Az utóbbi időben Kalydi György írt számos életrajzt, elsősorban a középiskolai tanárok számára szinte teljesen ismeretlen magyar tudósokról. Egy zenei beállítottságú középiskolás diáknak érdemes talán tudnia, hogy Mozart a Varázsfuvola Sarastoróját Born Ignác erdélyi szász bányamérnökről mintázta. Könnyebben hasznosítható Kekuléról írt cikke [5]. Kisebb számú kémiai történeti jelentőségű kísérletek leírása is hozzáférhető, így például Wöhler híres kísérlete [6] vagy Az Avogadro-szám kísérleti meghatározása (igaz, nem korabeli módszerrel) [7]. Üdítő színfolt, ahogy egy publikáció nyomán Görgey Artúr – aki vegyész is volt – munkája alapján összeállított kísérleteket és számolási feladatokat végeztethetünk a tanulókkal. A motiváló erő nem szorul külön magyarázatra [8]. Victor András kitűnő írása történeti alapon, közérthetően mutat rá, hogy a természettudományokat dialektikus megközelítéssel szebb, igazabb és érdekesebb módon lehet leírni, mint ha merev kategóriákkal dolgozunk [9].

Az 1994 és 2003 között létezett Módszer-

tani Lapok profiljába a kémiai történet nem tartozott bele. Az 1974-ben indult Középiskolai Kémiai Lapok (KÖKÉL) rendszeresen bár, de közöl kémiai történeti cikkeket, tudósportrékat, illetve a tanulóknak szóló kémiai történeti feladatokat. A 2004-ben átalakult KÖKÉL több számában mutatott be Kalydi György 19. századi magyar vegyészeket, feltételezhetően inkább a tanárok, mintsem a diákok érdeklődésére számolt tartva. A szerző az anyagot 2005-ben könyvvé formálva is kiadta [10]. A KÖKÉL Szakmai cikkek rovatában azóta is számos kémiai történeti cikk látott napvilágot. A 2004–2005 táján megjelent Győri KÖKÉL is mutatott be magyar vegyészeket [11]. Szintűg haszonnal forgatható a Magyar Kémikusok Lapja (MKL), mely gyakran tesz közzé az adott évhez kapcsolódó kémiai- és vegyértéktörténeti évfordulókat. Az *Évfordulónaptár* című cikkeket 1978 és 1983 Költő K. László jegyezte, 1984 óta Próder István szerkeszti. Próder tucatnyi más kémiai történeti cikket is közölt a lap hasábjain [12]. Az MKL 2012-ben indult, Lente Gábor által szerkesztett *Híresek és kémikusok* című rovata olyan személyeket ismeret, akiket elsősorban nem kémikusként ismerünk, bár ilyen végzettségük is van/volt (Margaret Thatcher, Angela Merkel, Ferenc pápa, Alekszander Porfirjevics Borogyin, Görgey Artúr, Martinovics Ignác stb.). A cikkek jó része könyv formában is megjelent [13].

Összegezve: a régi kémiai történeti szakmódszertani irodalom zöme a tanításban nem használható, nem elég közvetlen. A közelmúltban e téren pozitív változás állt be. Az említett folyóiratokban az elmúlt húsz évben öröndetesen megnőtt a kémiai történeti cikkek száma. Egy részük műfaja klasszikus tudóséletrajz, más részük egy felfedezést, természettudományos problémát jár körül. Ez utóbbiak az értékesebbek. Hosszuk (néhány oldal) és mélységük (népszerűsítő jellegűek) is megfelelő, akár érdeklődő diákok számára is.

A jogszabályi háttér

Az első, 1995. évi Nemzeti Alaptanterv (NAT) kiadásáról a 130/1995. (X. 26.) kormányrendelet határozott, bevezetése szakaszosan, az 1998/99-ik tanévben kezdődött el (1998. szeptember 1.) az első és a hetedik évfolyamon. A NAT új szempontokat honosított meg a magyar közoktatásban. Ezek egyike volt, hogy a tantárgyi megközelítést a tanítási tartalom integrált szemléletével váltotta fel, 10 műveltségi területet határozott meg. A kémiát az Ember és természet

műveltségi területbe sorolta, ezzel önmagában is a különböző tudományterületek egymásra utaltságát jelezte. Ezt külön is hangsúlyozta. A NAT jegyében az a hozzáállás vált uralkodóvá, hogy a kémiát kevésbé elvont és öncélú módon kell tanítani, a hétköznapi vonatkozásokat ki kell domborítani. (A jó tanár alighanem korábban is így járt el.) Ennek hatására a kémiai történet egyenesen „trendi” lett, hiszen a NAT-ban határozott kémiai történeti előírások is olvashatóak: *A tanulóknak nyolcadikos korukra képesnek kell lenniük az anyag szerkezetével kapcsolatos ismeretek fejlődésének, valamint egy-két kiemelkedő kutató (Dalton, Mengyelejev, Curie házaspár, Bohr, Rutherford) munkásságának áttekintésére. Az egyes anyagokhoz tartozó kémiai történeti vonatkozásokat (Irinyi, Szent-Györgyi, Hevesy) is ismerniük kell. A tizedik évfolyam végére könyvtár, ismeretterjesztő irodalom felhasználásával föl kell tudniuk tární az egyes anyagokhoz kapcsolódó tudománytörténeti eseményeket, össze kell tudniuk gyűjteni a kiemelkedő tudósok munkásságára vonatkozó információkat* [14]. Az imént megkövetelt ismeretek egy részével a diákok jó része a mai napig nincs tisztában, például elterjedt tévhit, hogy Szent-Györgyi a C-vitamin előállításáért, mi több, felfedezéséért, Hevesy pedig a hafnium felfedezéséért kapott Nobel-díjat (helyesen: a biológiai égszfolyamatok tanulmányozásáért, különösen a C-vitamin és a fumársav-katalízis vonatkozásában, illetve az izotópos nyomjelzés módszeréért).

A 2003-i és a 2007-i után jelenleg a 2012. évi NAT hatályos. A 2012-es, a NAT-ra épülő kémia kerettanterv számos ponton utal a humán tudományokra (ún. kapcsolódási pontok): a magyarra [15] („Addig üsd a vasat, amíg meleg”, „Eltűnik, mint a kámför”), a vizuális kultúrára (kovácsoltvas kapuk, ékszerek) és természetesen a történelemre. Emellett tantárgyi fejlesztési célként fogalmazza meg a tanulóknak a kémia kultúrtörténeti szemléletének kialakítását [16]. Karlik Zsuzsanna hangsúlyozza, hogy míg a természettudományok összevonásáról (*science*) manapság egyre többen hallunk, a humán és reál tudományok merev szétválasztását szinte senki sem kérdőjelezi meg – pedig kapcsolatuk, kölcsönhatásuk vitathatatlan. Gondolhatunk itt az ipari forradalomra vagy az atombomba kifejlesztésére, ahol történeti események hatottak a mérnöki tudományok fejlődésére, de említhetjük a kvantummechanika filozófiára gyakorolt hatását vagy egyszerűen azt a tényt, hogy a budapesti tudománygyetemen 1949-ig a Bölcsészettudományi





Karon tanították a természettudományos ismereteket [17].

Kémia történet a tankönyvekben

Az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet (OFI) égisze alatt 2015-ben megjelent nyolcadikos kísérleti kémiatankönyv egyik fejezetének címe: *A tűzgyújtás története*. A lecke felét valóban tudománytörténet teszi ki: a diák a kovakőtől kezdve Brandon keresztül Irinyi gyufáig egy oldal terjedelemben tájékozódhat a témáról [18]. Ez a lecke a korábbi tankönyvekben *A fehér- és vörösfoszor összehasonlító jellemzése* címmel látott volna napvilágot. A két allotróp szerkezetének összevetése most egy kis táblázati helyet kapott; az anyagszerkezet és a kémia belső logikája teljesen háttérbe szorult. A nyolcadikos tananyag drámai átalakításának vagyunk tanúi. A rendszerező szerves kémia helyett „életszagú” vagy szórakoztató kémia kerül a tankönyvekbe. E sorok írója szkeptikus a tekintetben, vajon ettől a cseltől csakugyan diákkedvenc tantárggyá válik-e a kémia. Ezt már a 2003-i NAT is szorgalmazta, teljesen eredménytelenül, a kémia reputációja akkor sem nőtt.

Mivel e pillanatban nem lehet látni, a lóhalálában megírt és íziben bevezetett tankönyvek közül melyek és milyen átalakítások után maradnak majd tényleges használatban, összeállításomban elsősorban a közelmúlt tankönyvei közül szemlézem, hiszen ezek közül némelyiket – így a Mozaik Kiadó termékeit – ma is rendelik még iskolák. A meghatározó fontosságú, nagyobb példányszámban megjelent, széles körben használt gimnáziumi és általános iskolai tankönyveket nézem át. Essék szó elsőként az 1990-es évek tankönyveiről! Ezek jelentőségét az adja, hogy vitathatatlan szakmaiságuk mellett a jelenleg praktizáló ké-



Növényi ornamentika Fazola Henrik kovácsoltvas kapuján, az egri vármegyeházában

mianatórok többsége ezeken a könyveken nevelkedett, ezek jelentik a kiindulópontot, az etalont. A Boksay Zoltán és szerzőtársai által írt első tankönyv [19] kisebb számban, Hobinka Ildikó első [20], valamint Pfeiffer Ádám második könyvében [21] nagyobb számban voltak kémia történeti kommentárok. Az első könyvekben az atommodellek tárgyalása és bizonyos törvényszerűségek kapcsán szerepel Mengyelejev, Rutherford, Pauli, Guldberg, Waage, Arrhenius, Brönsted stb. fényképe. Az atomszerkezet témájának kifejtése Hobinka Ildikó művében kimondottan történeti alapú volt, Boksay Zoltán a kvantummechanikai modellt véve alapul a történeti oldalt kiegészítésként közölte. Pfeiffer Ádám szerves kémiai könyvében a híres tudósok port-

rén kívül egyéb képi, illetve szöveges információk – a dinamit története, Emil Fischer kutatásai – is szerepeltek. Pfeiffer könyvében a kémia történetét a főanyagtól elkülönítve, a bal oldalon, a kiegészítések között tárgyalta.

Némiképp meglepő módon, fiatal célközönsége ellenére a Kecskés Andrásné és Rozgonyi Jánosné neve alatt megjelent és megannyi kiadást megélt általános iskolai tankönyvek igen sok kémia történeti információt tartalmaztak. Ezek száma az új kerettantervek nyomán létrejött átdolgozásokban még tovább nőtt. Például a 2007. évi NAT után megjelent nyolcadikos kötetben a hidrogén-klorid apropóján olvashatunk a glaubersórol és Glauber sósavdesztilláló berendezéséről, továbbá a besz-

Fehérfoszfor égése



Besztercebánya és környéke





tercebányai cementvízről, amelyben az alkímisták igazuk egyik fő bizonyítékát látták, ugyanis a vasszerszámok rézzé változtak benne (redukálósor). Ezekben a tankönyvekben a kémia történeti adalékok gyakran a szövegbe vannak ágyazva, szerepük nem csupán egy képaláírás, hanem szerves kapcsolatban állnak a tanulnivalóval. A legutóbb megjelent, az OFI jelenlegi tankönyvjegyzékére is felkerült hetedikes kötet végén Tudó lexikon is helyet kapott [22].

A NAT orientációjának hatására megjelent tankönyvekben a kémia történet mint motiváló erő nagyobb súlyt kapott. Ezek a könyvek elődeiknél sokkal jobban törekedtek arra, hogy megszeretessék a kémiát a diákokkal. Az igényes kivitel, a színes rajzok, a kísérletfotók mellett ezt a célt szolgálta a sokasodó tudománytörténeti információ is. E tekintetben kiemelkedik Boksay Zoltán Kémia 9. és Pfeiffer Ádám Kémia 10. című munkája. Mindketten régi, jól bevált könyvüket alakították át. Főként az elsőben annyi a kémia történeti vonatkozás, hogy már-már terhesnek érzi az olvasó. Kimondottan érdekes olvasmány, de egy 14–15 éves diáknak valószínűleg túl sok. (Arról nem is beszélve, hogy a könyv a 9. évfolyam témájába, az anyagszerkezetbe és az általános kémiába még a szerves kémia is integrálva.) Jellemző, hogy Gróh Gyulának szóló ajánlással jelent meg. Rengeteg arc-, illetve fényképet tartalmaz; a flogiszonelmélet mi benléte és cáfolata a törzsanyaghoz tartozik; hozzá Mengyelejev eredeti periódusos rendszerét (ami a maira külsejében egyáltalán nem hasonlít). A klasszikus latinos műveltséget is gyarapítani akarja, például a hét, ókorban ismert fémhez kötve közli a hét napjainak latin, olasz, francia, angol neveit [23]. Pfeiffer könyve, amely korábbi művének átdolgozott változata, a múlt (rég technológiák, tudósok fényképei stb.) mellett a modern tudománytörténetre is gyakran utal, egyebek közt Oláh György Nobel-díján keresztül bemutatja a karbonátokat, illetve megemlíti a kombinatorikus kémiát is [24]. Jelen sorok írója szerint mind Boksay, mind Pfeiffer műve inkább alkalmas tanári segédkönyvnek (ebben a műfajban kiválóak), semmint tankönyvnek.

A többi forgalomba került tankönyvcslád anyagában is nagyobb súlyt kapott a kémia történet. Siposné Kedves Éva és szerzőtársai Mozaik Kiadónál napvilágot látott, vonzó külsejű kötetei megjelenésüktől (az ezredforduló) a 2013-ban elkezdett tankönyvreformig nagy népszerűségnek örvendtek [25]. A mozaikos tankönyvsoro-

zat, mely a közoktatási kémia mind a négy évét (7., 8., 9., 10.) lefedi, nagyon – talán túlságosan is – diákbarát kialakítású, rengeteg érdekességet és sok fotót foglal magába. Azon túl, hogy a NAT-nak megfelelő módon a szóba kerülő – a tudományos törvényszerűségeknek nevet adó – tudósokról szerepel fénykép, esetleg egy-két életrajzi adat, előfordul néhány kémia történeti fogalom (az arisztotelészi négy őselem tana, *vis vitalis*), mindezek tetejébe seregnyi érdekfeszítő kiegészítés is. Ezek többsége egyszerűen hétköznapi vonatkozású: cukor-, sör-, gumi-, papír- és üvegyártás, ezenfelül kerámia történet. Némi kultúr történeti ismeret saját jogon is helyet kapott a kötetekben, mint például az ókori rómaiak rövid életideje és az ólommal bélelt vízvezetékcsövek, illetve az ólomtartalmú arcfestékek közötti összefüggés. A mozaikos könyvek erős oldala az ízléses külalak, a sok információ. Hátrányuk, hogy a kémia belső logikája, összefüggései veszítettek fontosságukból.

Villányi Attila a Műszaki Kiadó által megjelentetett, szűkebb kör számára írt, emelt szintű tankönyvei a kémia történeti szelvégyzetek vonatkozásában is külön utakon járnak. Viszonylag kevés van belőlük, és gyakran mások, mint amit a többi könyv közöl: például a Fehling-próba kifejlesztése, Alexander Fleming és a penicillin. Etimológiai kiegészítései részben a tanároknak is újak lehetnek. (Pl. az észter szó az etil-acetát régi német nevéből, az ecet-észter jelentésű *essig* *etherb*ől származik.) A kémia történeti kiegészítések itt a főszövegtől elkülönítetten olvashatók [26].

A 2012. évi kerettanterv nyomán jelentősen szűkült a tankönyvpiac, jelenleg 12 könyv szerepel a hivatalos listán (2–2 hetedik, nyolcadikos, kilencedikes A és B, tizedikes A és B kerettanterv szerinti). Nem tudni, melyek terjednek majd el. A régebbi előzmények átdolgozásaként megszületett általános iskolai kötetekről fentebb már szót ejtettem. Mivel bevallott cél a tananyag „konyhakémia” szintű tanítása – amitől azt várják, hogy a kémia népszerűbb lesz –, bőségesen van helye a lényeghez nem szervesen kapcsolódó kiegészítéseknek, így tudománytörténetnek is. Ezeket – példaképp – az OFI kilencedikes és tizedikes B tankönyveiben megkülönböztető barack színű háttér jelzi. Egy érdekesség: a szerzők álláspontja szerint a kémiai egyenletekben eredetileg nyíllal jelölték az átalakulást, az egyszerűbb nyomtathatóság miatt tértek át az egyenlőségjelre [27]. A tendencia egyértelmű: egyre több a kémia történet a tankönyvekben. Szomorú, hogy ezzel

párhuzamosan maga a tananyag és a kémia tanítására fordítható órakeret mind kevesebb lesz...

Kémia történet a közoktatási kémiatanításban

Több szempontból is érdemes a kémiaórákat kémia történeti vonatkozásokkal színesíteni. Pontosabban érdemes lenne, ha a tanterv hagyna rá időt, és nem lenne a kémiatanárnak az érdekességek elhagyása mellett is az az érzése, hogy rohannia kell az anyaggal, ha teljesíteni akarja a tantervi előírást. A történeti vonatkozások azonban általában izgalmasak, így önmagukban felkeltik a diák érdeklődését. Szerepük lehet az ún. felfedezettve tanításban vagy a kutatásalapú tanulásban (*inquiry-based science education*, *IBSE*) [28], akár kísérletek pótlására is használhatók. Persze, nem minden kísérlet helyett, hiszen a kémia kísérleti tantárgy, de előállhat olyan helyzet, hogy hiányzik egy fontos vegyszer, vagy az adott témához nincs kísérlet (atomszerkezet). Ilyenkor motivációképpen jól jöhet egy rövid kémia történeti kitekintés. A harmadik szempont: a tudománytörténet gyarapítja az általános műveltséget, különösen az etimológiai megjegyzések kapcsán. A redukál ige a köznapi életben történetesen pont fordított jelentésben használatos (csökkent, kisebbít, lefarag), mint a kémiában (elektront ad, tehát növel, kiteljesít). Erre fontos rávilágítani, különben a diákok a redukciót hibásan értelmezhetik. Negyedszerre: a tudománytörténet tanítása nyomtatékosítja a diákokban, hogy jelenlegi tudásunk egy hosszú fejlődési folyamat eredménye. Emellett világossá válik, hogy a kémia vívmányai nélkül évszázadokat/évezredeket kellene visszalépniünk az életminőségben [29]. A gyufa, a szappanfőzés vagy a kőolaj-finomítás története (ezek mind szóba szoktak kerülni kémiaórán) rámutatnak, hogy a kémia és a vegyipar milyen komoly szerepet játszik a hétköznapi életben. Végül: a kémia történet a kiemelkedő magyar tudósok munkásságának bemutatásán és földrajzi, ipari vonatkozásain keresztül a magyarságra nevelés eszköze is lehet. Például felidézhető, hogy Irinyi János jelentős feladatot látott el az 1848/49-es szabadságharcban, az ágyúöntést és a löpörgyártást felügyelte. A szabadságharc bukása úgy megtörte, hogy utána már semmit sem publikált. Általánosabban fogalmazva sok vegyész életútjából – például Marie Curie első világháborús embermentő tevékenysége nyomán – tanulhatunk emberséget.



Egy pedagógiai szempontra is szeretném föl hívni a figyelmet. Beszélhetünk a diákoknak a tudósok tévedéseiről, illetve a későbbiekben hibásnak bizonyult elméleteikről is, például a Thomson- vagy a Bohr-féle atommodellről, vagy akár Mengyelejev (mai szemmel nézve érthetetlenül buta) tévtanairól: amellett, hogy kitűnő intuícióval több felfedezetlen elemet előre megjósolt (Ga, Ge), két, a hidrogénnél kisebb atomtömegű elem (éter és kolónium) fölfedezésére is számított. Valójában a Mengyelejev megjósolta elemeknek csak a fele létezett a valóságban. A tudomány 19. század végi állása szerint sikertelen jóslatai sem voltak logikátlanok [30]. Lényeges, hogy a diákok megértsék: egy elmélet addig működik, amíg ellentmondó eredményeket nem kapunk, kísérletek meg nem cáfolják. (Akár a mai elméletek között is lehetnek olyanok, amelyek néhány évtized múlva erre a sorsa jutnak!) Ezenkívül ha elismert tudósok (meg a legnagyobbak is) tévedhettek, akkor ez velünk is előfordulhat. Nem szégyen, ha a diák melléfog, miközben elmondja véleményét, elképzelését a tanórán (vagy otthon gondolkodik). A híres tudósok tévedéseinek bemutatása azzal a további előnyrel jár, hogy a tanulókat kritikus gondolkodásra neveli: ne fogadják el senki véleményét automatikusan, hanem merjenek kételkedni az arra okot adó – például áltudományos – elméletekben [17].

Természetesen a kémia történetet középiskolában nem tanítható a maga összefüggéseiben, csak olyan részletekben, amelyek hozzákapszolóhatók az aktuális tananyaghoz. Vannak olyan részek, amelyek a kémia történet belső logikájában rendkívül fontosak, az iskolai órákon mégsem kerül(het)nek elő. Ilyen egyebek között a dualista elmélet vagy a gyökelmélet. A kémia történet ugyanakkor határterületet képez több más tantárggyal, így a technikával (acélgyártás története), a földrajzzal (Magyarország híres porcelángyárai: Pécs, Herend, Hollóháza), a biológiával (Szent-Györgyi Albert és az aszkorbinsav) és természetesen a történelemmel. Ezt az interdiszciplináris szellemet erősíthetjük egy-egy osztálykirándulás alkalmával is, ha felkeressük a helyi kémia történeti emlékeket. Például a várpalotai Vegyészeti Múzeum egy középkori várban kapott helyet. Alapvetően technológiai szemléletű kiállításai mellett a bányászattörténeti tárlat – mozgó, világító, csilingelő stb. modelljeivel – minden diáknak érdekes lehet [31]. A somogyfaiszi és újmassai őskohó a korai vasgyártást mutatja be, előbbi középkori (tulajdonképpen őskori), utóbbi 18. századi szinten. Az új-

massai őskohó és a szomszédságában lévő, a magyar vas- és acélgyártást teljes mértékben áttekintő felsőháromi Kohászati Múzeum ráadásul nagyon szép természeti környezetben van [32]. A Herendi Porcelánművészeti Múzeum hatalmas porcelángyűjteménye és a porcelánkészítés gyakorlatát mindenkit megfog [33]. Végül a parádásvári Üvegmanufaktúra (az üvegyár, a Parád Kristály Manufaktúra 2005. évi bezárása után az üvegyártási hagyományok őrzője) talán a leginkább figyelemfelkeltő valamennyi hazai kémiai jellegű múzeum és kiállítás közül. Itt az üvegtörténeti kiállítás mellett az üvegfűjőket munka közben láthatjuk [34].

Természetesen vigyázni kell a „tisztá” kémia és a kiterők, a motiváció helyes arányának fenntartására. E sorok írója hallott már olyan gyermekről, aki a gimnáziumban kémia tantárgyként végig ögörög természetfilozófiát tanult. Az egyetemen kémia tanár szakra vették fel, de innen hamar kibukott; ugyanis rá kellett döbbednie, hogy a kémiában egyenletek, matematikai összefüggések és számolások is vannak. Tehát a kémia történet – vagy akármilyen más kiegészítés – csak jelentőségének megfelelő súllyal szerepelhet az órán, és nem lehet a tulajdonképpeni tananyag rovására. Az érdeklődő és/vagy tehetséges diákok persze az órai anyagon kívül is foglalkozhatnak kémia történettel. A tanár adhat külön információt, másoknak terápiás céllal, egy jobb jegy érdekében, otthoni feladatot tűzhet ki, amely utánaolvasást igényel. Egy ilyen – adott esetben csoportos – projekt eredménye lehet házi dolgozat, plakát vagy kiselőadás.

Etimológia a kémiaórán

Cikkem első részének utolsó fejezetében néhány példát mutatok, hogyan lehet kémiaórán etimológiai vonatkozások kapcsán kultúrtörténetet, kémia történetet, illetve szoros értelemben vett kémiát tanítani [35]. Látszólag a réz (*cuprum*) és az ezüst (*argentum*) latin neve is földrajzi eredetű: Ciprusra, illetve Argentínára utalnak. A magyarázat a réz esetében helytálló, érceit az ókorban csakugyan Ciprus szigetén bányázták [36]. Az ezüst latin neve azonban évezredekkel korábbi, mint Dél-Amerika fölfedezése: ez esetben a fém kölcsönözte nevét a 16. században a mai ál-lamnak, amelyről kiderült, hogy földje gazdag ezüstben [37]. A chilei salétrom a rézhez hasonlóan lelőhelyéről kapta nevét a 19. században [38]. Szintén tanulságos a gallium nevének elemzése, amelyről sokan

úgy vélik, hogy Franciaországra (Gallia) utal. Ez azonban nem – vagy csak részben – igaz, ugyanis az elem, a Mengyelejev megjósolta ekaalumínium fölfedezőjét Paul Émile Lecoq de Boisbaudrannek hívták (1875). Boisbaudran nevének *le coq* tagja azt jelenti, *kakas*, latinul *gallus*. Így a fedező elsősorban saját magának állított emléket az elem nevével [36]. A higany neveinek (*hydrargyrum*, *mercurium*, szerdany, higany, keneszu, keneső) vizsgálatával a legkülönbözőbb kémiai, illetve kultúrtörténeti vonatkozásokat taníthatjuk meg a diákoknak: gyors pergése miatt az ókorban a tolvajok és hírnökök istene, Mercurius fémje volt, aki a szerdai naphoz (*mercredi*, *mercoledì*) is kapcsolódik. A keneszu török jövevényszó, jelentése: az atkákat lemosó víz. A keneső pedig a pirit pörkölésékor képződő kén-gőzöket érzékelteti [39]. A transzuran elemek elnevezéséért folytatott küzdelem – pl. kurcsatóvíum vagy rutherfordium legyen-e a 104-es rendszámú elem – hidegháborús összefüggésekben tárgyalható [40].

Az elemek után vizsgáljuk meg egy-két vegyület köznapi nevét és az abból levonható kémiai tanulságokat! Az ezüst-nitrát lápisz vagy a kissé ijesztő pokolkö (*lapis infernalis*) néven is ismert. Pedig nevének pozitív üzenete van. Mint nehézfém-só baktericid hatású, régen rúddá öntve szövetek helyi felületi marására, fertőtlenítésre használták, például a lepra (poklosság) okozta fekélyek esetében is [41]. A hamuzsír (kálium-karbonát) neve onnét származik, hogy a növényi hamu mindig tartalmazza. Oldata lúgos, emiatt sikamlós („zsíros”) tapintású és zsírolódó hatású [38]. A metil-alkohol és az etil-alkohol köznapi nevei illékonyaságukkal függnek össze. A rézeleje név úgy született, hogy az égetett szeszes italok készítésekor az erjesztett cefre lepárlásakor az erjedés során kis mennyiségben keletkező metanol előbb csöpög le a rézretortán, mint az etanol [42]. A spiritusz név pedig az etil-alkohol-víz elegy azeotrópos jellegére, a 96 térfogatszázalék alkoholt tartalmazó párlat minimális forráspontjára mutat rá. Akármilyen összetételű elegyet – mások mellett bort – forralunk is, először gyakorlatilag az alkohol forr el belőle, ami ezért kapta a bor lelke (*spiritus vini*) nevet. Ha ezt nem húzzuk alá, a diák arra is gondolhat, hogy az alkoholos befolyásoltság elősegíti a spiritualitást... [38] Nemigen hangzik el kémiaórán, hogy az aszkorbinsav név a vegyület skorbutellenes hatásában gyökeredzik [36]. Láttuk, hogy a baktericid hatás, a lúgos hidrolízis, a forráspont függése a moláris tömegtől



és az elegy összetételétől milyen szemléletesen tanítható szómagyarázatokon keresztül.

Fogalmakhoz is kapcsolhatók etimológiai kommentárok. Ezek közül sok általánosan ismert – pl. aldehid (hidrogénelvonáson, enyhe oxidáción átesett alkohol), keményítő (oldatával inggallérokat, szoknyákat keményítettek) – mások kevésbé. Ilyen az ion, amely ugyanaz a szó, mint a jón (oszloprend, görög törzs): *vándor* [36]. A kifejezés Svante Arrhenius elektrolitos disszociáció-elméletéhez köthető: az elektrolitok az oldószer hatására elektromosan töltött ionokká válnak szét, amelyek vándorolhatnak az oldatban. Végül a kovalens szó eredetét szeretném bemutatni: *együtt* (*co-, con-*) *boldoguló*. A latin *valeo* ige azt jelenti: *jó erőben lenni, egészségesnek lenni*. Az ókorban búcsúzáskor is használták: *Vale!*, azaz *Élj boldogul! /Viszontlátásra!* [43].

IRODALOM

Rövidítések: KT = A kémia tanítása; KÖKÉL = Középiskolai Kémiai Lapok (online elérhetőség: <http://www.ko-kel.mke.org.hu>). A honlapok esetében az utolsó látogatás időpontja: 2017. augusztus 31.

- [1] Balázs Lóránt: *Sav-bázis elméletek és ezek oktatási vonatkozásai*. KT, 3. évf. (1964) 2–3. sz. 70–75.
- [2] Boksay Zoltán: *A daltoni szemlélet fennmaradása egyes fogalmakban és ezek oktatási vonatkozásai*. KT, 9. évf. (1970) 4. sz. 118–120.
- [3] Buzás Norbert: *A vegyi fegyverkezés rövid története*. I–III. KT, 4. évf. (1996) 2. sz. 27–28., 3. sz. 20–21.; 5. évf. (1997) 2. sz. 10–11.
- [4] Balázs Lóránt: *Mengyelejev – a periódusos rendszer kidolgozója*. KT, 23. évf. (1984) 5. sz. 149–157. Uő: *Évfordulók 1993-ban*. In: KT, 1. évf. (1993) 4. sz. 10–11.; *Évfordulók 1994-ben*. KT, 2. évf. (1994) 2. sz. 8–10.; *Évfordulók 1996-ban*. KT, 4. évf. (1996) 3. sz. 8–11.
- [5] Kalydi György: *A debreceni kollégium tudós professzora. 290 éve született Hatvani István*. KT, 16. évf. (2008) 5. sz. 28–31.; Uő: *Egy világhírnő bányász, kohász*. KT, 19. évf. (2011) 3. sz. 30–32.; Uő: *Kekulé „álma”*. KT, 18. évf. (2010) 5. sz. 16–19.
- [6] Tóth Zoltán: *Wöhler kísérletének bemutatása*. KT, 3. évf. (1995) 5. sz. 18.
- [7] Fórián-Szabó Zoltán: *Az Avogadro-szám kísérleti meghatározása*. KT, 11. évf. (1972) 1. sz. 26–28.; Barabás György: *Egyszerű módszer az Avogadro-féle szám meghatározására*. KT, 13. évf. (2005) 2. sz. 11–12.
- [8] Somogyi Farkas Pál–Riedel Miklós: *„Arthur Görgey aus Toporez in Ungarn”, a vegyész-tábornok. 90 éve hunyt el Görgey Artúr*. KT, 14. évf. (2006) 4. sz. 10–16.
- [9] Victor András: *Dialektika a kémiában*. KT, 15. évf. (2007) 1. sz. 4–11.
- [10] Kalydi György: *Arképek a magyar tudománytörténetből*. Győr, k. n., 2005.
- [11] S. n.: *Bay Zoltán (1900–1992)*. Általános és Középiskolai Kémiai Lapok, 31. [1.] évf. (2004) 4–5. sz. 242–243.; Várnai György: *Winter Ernő (1897–1971). „A katódos Winter”*. Győri KÖKÉL, 32. [2.] évf. (2005) 1. sz. 3–4.
- [12] Próder István írásait lásd Tömpe Péter: *A Magyar Kémikusok Lapja repertórium*. 1946–2006. Bp., Pytheas, 2015.
- [13] Lente Gábor: *Vízilónaptej és más történetek kémiából*. Bp., Typotex, 2017. A cikkek szerzőjük honlapján online is elérhetők: http://www.inorg.unideb.hu/LenteBlog/archivum_tema.html#1
- [14] Nemzeti Alaptanterv. Bp., Művelődési és Közoktatási Minisztérium, 1995. Kémia: 140–144.
- [15] Ide köthető: Lente Gábor–Ősz Katalin: *Mennyire ismerete Jókai Mór a vegytant?* KÖKÉL 39. (2012) 2. sz. 93–99.
- [16] kerettanterv.ofi.hu
- [17] Karlik Zsuzsanna: *Tudománytörténet a kémiaórán*. KT, 16. évf. (2008) 2. sz. 20–25.
- [18] Albert Attila et al.: *Kémia 8. Tankönyv*. Bp., OFI, 2015. 44–45.
- [19] Boksay Zoltán et al.: *Kémia a gimnázium I. osztálya számára*. Bp., Tankönyvkiadó, 1982.
- [20] Hobinka Ildikó: *Kémia a gimnázium I. osztálya számára*. Bp., Tankönyvkiadó, 1989.
- [21] Pfeiffer Ádám: *Kémia a gimnázium II. osztálya számára*. Bp., Tankönyvkiadó, 1990.
- [22] Kecskés Andrásné et al.: *Kémia 7., Kémia 8. Bp., OFI, 2015, 2016.* (A könyvek előzményének első kiadása: Tankönyvkiadó, 1984, 1987.)
- [23] Boksay Zoltán: *Kémia 9. Bp., Nemzeti Tankönyvkiadó, 2001.*
- [24] Pfeiffer Ádám: *Kémia 10. Bp., Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002.*
- [25] Siposné Kedves Éva et al.: *Kémia 7–10.* Szeged, Mozaik, 1998–2002.
- [26] Villányi Attila: *Kémia 9. Általános kémia. Kémia 10. Szerves kémia*. Bp., Műszaki, 2013, 2011. (A könyvek előzményének 1. kiadása: 2002, 2003.)
- [27] Tóth Zoltán et al.: *Kémia 9., Kémia 10. Tankönyvek a B kerettantervhez*. Bp., OFI, 2015.
- [28] Szalay, Luca–Tóth, Zoltán: *An inquiry-based approach of traditional 'step-by-step' experiments*. Chemistry Education Research and Practice, 17. évf. (2016) 923–961.
- [29] Franciszti László–Németh Veronika: *Ismerik-e a középiskolások a kémiatörténetet?* KT, 16. évf. (2008) 2. sz. 26–32.
- [30] Lente Gábor: *Mengyelejev tévedései*. KÖKÉL, 36. évf. (2009) 4. sz. 289–294.
- [31] Kovács Gy. István–P. Nagy Sándor: *Várpalota, Magyar Vegyészeti Múzeum*. [Bp., TKM Egyesület, 1992. (Tájak-Korok-Múzeumok Kiskönyvtára 192.)
- [32] Heckenast Gusztáv: *A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában*. Bp., Akadémiai, 1991.
- [33] Sikota Győző: *Herend porcelánművészete*. Bp., Műszaki, 1984.
- [34] <http://www.artglassparad.hu/uegygyartas-paradisszavaron/>
- [35] Victor András: *Sav, avagy egy szó százféle jelentése*. KT, 13. évf. (2005) 2. sz. 6–10.
- [36] Fülöp József: *Rövid kémiai értelmező és etimológiai szótár*. Celldömölk, Páuz-Westermann, 1998. 22. (aszkorbinsav); 34. (cuprum); 54. (gallium); 68. (ion)
- [37] Greenwood, N. N.–A. Earnshaw: *Az elemek kémiája*. III. Bp., Nemzeti Tankönyvkiadó, 2004. 1607.
- [38] Balázs Lóránt: *A kémia története*. I–II. Bp., Nemzeti Tankönyvkiadó, 1996. I. 51. (K₂CO₃), 144. (spirítusz), 365. (NaNO₃)
- [39] Keglevich Kristóf: *Nendtvich Károly és magyar nyelvű kémiája*. KÖKÉL, 33. évf. (2006) 4. sz. 245–253.
- [40] Inzelt György: *Kalandozások a kémia múltjában és jelenében*. Bp., Vince Kiadó, 2003. (Tudomány-Egyetem) 194–202.; Lente Gábor: *Elemnévadás az uránon túl*. KÖKÉL, 34. évf. (2007) 5. sz. 345–351.
- [41] *Römp Vegyészeti Lexikon*. Szerk. Beliczay András. I. Bp., Műszaki, 1960. 605–606.
- [42] Bruckner Győző: *Szerves kémia*. I–I. Bp., Tankönyvkiadó, 1973. 264–271.
- [43] Finály Henrik: *A latin nyelv szótára*. Bp., Franklin Társulat, 1884. [Reprint: 2002.] 410., 2069.



Keglevich Kristóf

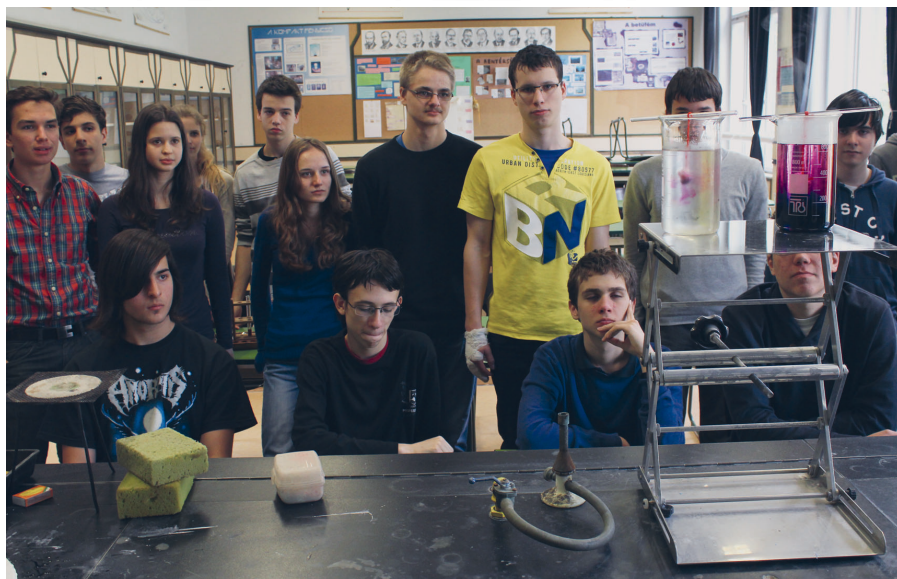
■ Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium | keglevich@fazekas.hu

Kémia történet a kémia tanításában

Ötletek kémiatanároknak óráik színesítésére Második rész

Tanulmányom második része elsősorban a kémiatanár olvasóközönséget célozza meg. Arra nézve találhatók benne javaslatok, hogyan csatolható be a tudománytörténet az általános és középiskolai kémiatanításba. Már az elején le kell szögezmem, semmiképp sem úgy, hogy teljes órákat szánunk a kémiatörténet egy korszakának kimerítő tárgyalására, hiszen ezt a kémia tanítására fordítható időkeret nem engedi meg. Annak ellenére sem, hogy az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet jelenleg hatályos, 2012. évi emelt óraszámú kémia kerettanterve 12. évfolyamon 10 órát szán a kémiatörténet tanítására (*A kémia hatása az emberi civilizáció fejlődésére* címmel) [1] – ám e sorok írója még egyetlen tanárról sem hallott, akinek az érettségire való felkészítés helyett ideje vagy indíttatása lett volna tartani magát ehhez. A kémiatörténet a közoktatásban nem tanítható a maga összefüggéseiben, hanem anekdoták, érdekességek, etimológiai megjegyzések formájában; motivációképpen. Természetesen ha a kémiatörténet tanítása egy megsárgult fénykép felmutatását vagy néhány magában álló unalmas évszámot jelent, aligha lesz motiváló ereje. Ha azonban a tanár utánanéz egy-egy felfedezés körülményeinek, például a vegyipar fejlődését kiváltó társadalmi szükségletek kutatásában betöltött szerepének, vagy híres történeti eseményekhez köt egy-egy vegyi anyagot, óráit színesebbé teheti egy-egy élvezetesen előadott kémiatörténeti csemegével.

Jelen cikk első felében olyan témákat vetek föl néhány mondatban, amelyek nem szoktak szóba kerülni a kémiaórákon, pedig tapasztalataim szerint könnyen érthetőek, szemléletformálóak és alkalmasak arra, hogy felélénkítsék a lankadó figyel-



Tanóra a Fazekas Mihály Gimnáziumban

met. Ezekhez az ötletekhez további irodalmat is ajánlok. A tárgyalás sorrendje az iskolai oktatásban megszokott általános – szervetlen – szerves kémia. A cikk második fele pedig egy katalógus, amelyben kommentár nélkül, címszavakban olvasható egy-egy témakör számos kémiatörténeti vonatkozása: a kötelező tematika (Simmelweis Ignác, *vis vitalis*-elmélet) és kevésbé ismert tudnivalók egyaránt. Ez a gyűjtemény szintén a gyakorló tanárok igényeit szolgálja – mintegy tálcán kínálja a motivációs lehetőségeket, amelyeket a tanár ismer – hiszen közhelyesek –, de gyakran mégsem vonja be őket az oktatásba.

Általános kémia

Érdekes rámutatnunk, hogy az alkimisták ma nevetségesnek vélt eszméje – különféle

fémekből arany előállítására – a kor tudományos modellje alapján egyáltalán nem volt abszurd elképzelés. A 18. századig elfogadott arisztotelészi elemtan szerint minden anyag földből, vízből, levegőből és tűzből áll, ezek aránya változik. Ha vasból aranyat akarunk készíteni, csak annyi a teendő, hogy földtartalmát csökkentjük valamiképp, tűztartalmát pedig növeljük. Erre jó módszer lehet lánggal történő kezeléssel [2].

Szomorú, a radioaktivitás veszélyeire intő példa a „rádiumlányok” története. A munkáslányok 1917-ben, a New Jersey-beli Orange városban alapított *United States Radium Corporation* nevű gyárban kaptak sugárszennyezést. A gyárban rádiumból készítették világító festéket, amit mintegy hetven nő ecsettel vitt fel karórák számlapjára (és a mutatóra) mindenféle óvin-



tézkedés nélkül. Gyakran szájukkal nedvesítették meg az ecset végét, így folyamatosan rádiumot vittek be a szervezetükbe. Érdekes volt, mondta az egyik lány, hogy amikor kifújták az orrukát, néha a zsebkendő is világított, mások pedig – hogy barátaitkat lenyűgözzék – bekenték a festékekkel a körmeiket, amelyek így világítottak a sötétben. Az 1920-as években több haláleset, majd egy nagy port kavaráó per lett az ügyből [3]. Maga Marie Curie is a legcsekélyebb elővigyázatosság nélkül dolgozott a radioaktív izotópokkal – olykor zsebében hordott egy kémcsőnyi α -sugárzó rádiumot, hogy megmutathassa zöldes fényét –, ennek folyományaképpen sírja olyan erősen sugárzott, hogy a turisták a Geiger-Müller-számláló élenkülő lüktetése alapján találták meg a Párizshoz közeli sceaux-i temetőben. A párizsi Panthéonba való újratemetésekor ólomkoporsóba helyezték, jegyzeteit is ólomdobozban őrzik a Sorbonne-on [4].

Dmitrij Ivanovics Mengyelejev az általa felfedezett periódusos rendszert egyre tovább fejlesztette. Élete vége felé, 1904-ben olyan verziót is közzétett, amelyben – kezdeti, az ekaalumíniumot és az ekaszilíciumot illető sikerein fölbuzdulva – újabb jóslatokat tett, feltételezte például két, a hidrogénnél kisebb atomsúlyú elem létezését (x, y). A Mengyelejev által előre jelzett elemeknek csak a fele létezik a valóságban [5]. Senki sem tévedhetetlen – sem Mengyelejev, sem a tanár, sem a diák.

A gyémánt az atomrács és a IV. főcsoport elemeinek tanítása során kerülhet elő. Érdekes és igen fordulatos a leghíresebb gyémántok története: a *Regent (Pitt)* gyémán-



A Firenzei gyémántról – lásd alul – ismert egyetlen fénykép (1870–1900 között)

tot egy indiai rabszolga találta meg, majd a combján ejtett sebbe rejtve csempészte ki a bányából. Nem sokkal ezután meggyilkolták. A *Regent* későbbi sorsa is kalandos, Napóleon kardjának markolatgombját is díszítette, ma a párizsi Louvre-ban van

kiállítva. A brit koronaékszereken látható *Koh-i-Noor* és *Cullinan* gyémánt is említést érdemel. Magyar szempontból a legérdekesebb a 137 karátos, sárgás színű Firenzei gyémánt (*Florentiner*). Ez Merész Károly burgundiai herceg, ezt követően itáliai notabilitások, például a firenzei Medici birtokában állt. Miután Firenze Toscan tartománnyal együtt a 18. században a Habsburg Birodalom részévé vált, a gyémánt a Habsburg császároké lett, és Bécsbe került. IV. Károly, az utolsó magyar király 1918-ban, az Osztrák-Magyar Monarchia összeomlásakor egy svájci bankháza küldte, de útközben ellopták. Ekkor nyoma veszett, azóta csak mendemondák ismeretesek róla [6].

A kémiai reakcióknál tanítható a tömegmegmaradás törvénye és a gyors égés feltételeinek fölismerése. Mindkét felfedezés Antoine Laurent Lavoisier nevéhez fűződik (előbbi Lomonoszovéhoz is). Lavoisier a szerves kémia bevezetésénél (organogén elemek fogalma) vagy a gyémánt kapcsán (a szén egy módosulata) is megemlíthető. Igen tanulságosak Lavoisier halálának körülményei. Gazdagsága miatt a jakobinus diktatúra 1794-ben nyaktíló általi halálra ítélte. A tudós lefejezését kísérletképpen használta fel egy régi élettani kérdés eldöntéséhez, tudniillik hogy az akarat az agyban vagy a szívben lakik-e. Kivégzésekor arra koncentrált, hogy pislogjon. Mivel levágott feje még 15-öt pislogott, a neve alatt posztumusz megjelent cikk bizonyítottan tekintette, hogy az akarat az agyban lakozik. A történet hitele vitatott, valószínűleg fiktív, mégis érdemes elmondani, mert rámutat a 18. század végének szemléletmódjára, problémafelvételére [7].

Az egyensúlyi reakcióknál, az ammónia ipari előállítására kapcsán fontos érinteni két német kutatót, Fritz Haber és Carl Bosch eltérő életpályáját. A zsidó származású Fritz Haber, a vegyi fegyverek atyja személyesen volt jelen, amikor a németek 1915-ben a klórgázt először vetették be harci gázként az I. világháborúban a belgiumi Ypernnél. 1918-ban kémiai Nobel-díjat kapott, ami igencsak megosztotta a nemzetközi közvéleményt. Felesége, Clara Immerwahr, aki szintén kémikus volt, 1915-ben öngyilkos lett, mivel férje szerinte a tudományt a tömeggyilkosság szolgálatába állította. Haber származása miatt a náci diktatúra kezdetén, 1933-ban kénytelen volt elhagyni Németországot, emigrációban halt meg. Fia talabb pályatársa, a szintén Nobel-díjas (1931) Carl Bosch, a BASF és az IG Farbenindustrie vegyész mérnöke kritikusan állt a náci hatalomhoz, főképp annak antisze-

Mengyelejev 1904-ben közzétett periódusos rendszere

Series	Zero Group	Group I	Group II	Group III	Group IV	Group V	Group VI	Group VII			
0	x										
1		Hydrogen H=1.008									
2	Helium He=4.0	Lithium Li=7.03	Beryllium Be=9.1	Boron B=11.0	Carbon C=12.0	Nitrogen N=14.04	Oxygen O=16.00	Fluorine F=19.0			
3	Neon Ne=19.9	Sodium Na=23.06	Magnesium Mg=24.1	Aluminium Al=27.0	Silicon Si=28.4	Phosphorus P=31.0	Sulphur S=32.06	Chlorine Cl=35.46			
4	Argon Ar=38	Potassium K=39.1	Calcium Ca=40.1	Scandium Sc=44.1	Titanium Ti=48.1	Vanadium V=51.4	Chromium Cr=52.1	Manganese Mn=55.0	Iron Fe=56.0	Cobalt Co=59	Nickel Ni=59 (Ou)
5		Copper Cu=63.6	Zinc Zn=65.4	Gallium Ga=70.0	Germanium Ge=73.3	Arsenic As=75.0	Selenium Se=79	Bromine Br=79.96			
6	Krypton Kr=81.6	Rubidium Rb=85.4	Strontium Sr=87.6	Yttrium Y=89.0	Zirconium Zr=90.4	Niobium Nb=94.0	Molybdenum Mo=96.0		Ruthenium Ru=101.7	Rhodium Rh=103.0	Palladium Pd=106.3 (Ag)
7		Silver Ag=107.9	Cadmium Cd=112.4	Indium In=114.0	Tin Sn=119.0	Antimony Sb=120.0	Tellurium Te=127	Iodine I=127			
8	Xenon Xe=128	Cesium Cs=132.9	Barium Ba=137.4	Lanthanum La=139	Cerium Ce=140						
9											
10				Ytterbium Yb=173		Tantalum Ta=183	Tungsten W=184		Osmium Os=191	Iridium Ir=193	Platinum Pt=194.9 (Au)
11		Gold Au=197.2	Mercury Hg=200.0	Thallium Tl=204.1	Lead Pb=208.0	Bismuth Bi=208					
12			Radium Ra=224		Thorium Th=232		Uranium U=238				



mitizmusát támadta. Ezért mellőzött lett, és alkoholistaaként halt meg 1940-ben [8]. Egy kémia tanár pályája során Haber élete azon kevés lehetőség egyike, amikor egy morális dilemma megbeszélésre hívhatja föl a diákokat: megérdemelte-e Haber a Nobel-díjat?

Svante Arrhenius neve elsősorban a róla elnevezett sav-bázis fogalom kapcsán szokott elhangozni. Lényeges és szemléletformáló rávilágítani, hogy ez nem önmagában állt Arrhenius életművében, hanem az elektrolitos disszociáció elméletébe illik. A svéd vegyész 1883-ban benyújtott doktori értekezésében fejtette ki, hogy az elektrolitok molekulái vízben való oldáskor az oldószer hatására elektromosan töltött ionokká válnak szét. Erre az ilyen oldatok elektromos vezetése miatt gondolt, azonban a kémia ekkor még daltoni szinten állt, vagyis az atomot oszthatatlannak vélték! Az elektront csak 1897-ben fedezték föl. Arrhenius tehát egészen másképp jutott el az ionokig, mint az elektronleadásban, illetve -felvételben gondolkodó mai diák. A fiatal Arrhenius hipotézise professzorait nemigen győzte meg, doktoriját csak nehezen sikerült megvédenie. Húsz évvel később, 1903-ban ugyanezért Nobel-díjat kapott [2].

Kétféle hagyomány él arra nézve, hogyan fedezte fel Vámosy Zoltán, a budapesti Tudományegyetem farmakológus professzora a fenoltalein hashajtó hatását. Az első szerint szeszfüggő laboránsa jobb híján és főnöke távollétében belekortyolt az általa készített fenoltaleinoldatba (amelynek oldószere 50 térfogatszázalék etil-alkohol tartalmaz). A professzor az erőteljes



Vámosy villája a Gellért-hegyen

fiziológiai hatás okát nyomozva tette felfedezését [2]. Meglepő módon maga Vámosy másként emlékezett a történetre: amikor eredményes állatkísérletek nyomán a fenoltaleint alkalmasnak találta a hamisított törkölyborok kimutatására, önkísérletet végzett, amitől bő, vizes ürülés állt be [9]. Ez persze nem cáfolja az italozó laboráns legendáját, de nem is erősíti meg. Mindenesetre Vámosy az új orvosságon úgy meggazdagodott, hogy egy villát építhetett a Gellért-hegy oldalában (II. kerület, Mátyosi út 8.), amelyet rokonai – utalva a jövedelem eredetére – csak „szarpalota” néven emlegettek. Az eset példa a véletlen szerepére a tudományos felismerésekben.

Szervetlen kémia

A történelemnek talán nincs olyan fejezete, amely a diákokat jobban érdekelné, mint a II. világháború hadtörténete és fegyverei. A Nagynémet Birodalom (közkeletű, de nem korabeli nevén III. Birodalom) végnapjaiban, 1944 őszén bevetett V-2 rakéta hajtásáról a hidrogén-peroxidból kálium-permanganáttal fejlesztett oxigén és etil-alkohol gondoskodott. A V-2 volt az első ember alkotta eszköz, amely kilépett a világűrbe. Létrehozása komoly mérnöki teljesítmény volt [10].

Az ammónia szó Amon-Ré egyiptomi főisten nevéből származik. Létezett egy Amon-kegyhely a líbiai sivatagban, a templom melletti istállóban dombbá halmozódott fel a zarándokok tevéinek trágyája, ebből nyerték ki az ammónium-kloridot (szalmiáksó, *sal ammoniacum*, vagyis amoni

só) [11]. További furcsaság, hogy az ókorban az állott vizeletet – amit e célból félretettek – mosásra használták. Zsírolzó hatása ammóniatartalmának, lúgos kémhatásának volt köszönhető [2]. Ezután természetesen öblítettek.

Miután Hennig Brand a 17. század közepén vizelet desztillálása révén fölfedezte a fehérfoszfort, a titokzatos, zöldes fényvel világító gőzökből Brand és mások is



Joseph Wright of Derby: Az alkímista felfedezi a foszfort (részlet)

próbáltak pénzt csinálni. Fejedelmi udvarokban házaltak a foszforral, bemutatókat tartottak. A hannoveri hercegségben a rejtelmes fénnel világító előadás meghozta a hatását, a herceg támogatásképpen Brandnak ígerte hadserege katonáinak vizeletét, hogy a foszfort nagyobb mennyiségben is előállíthassa. Lehetséges, hogy Brand nem ilyen fizetésre gondolt [2].

A Szent Ilona szigetén száműzetésben 1821-ben elhunyt Napóleon szervezetében 1965-ben a ma természetesnek tartott arzénszint tízszeresét mutatták ki, de a tu-

Vámosy Zoltán (1868–1953)





dósok más kortársak maradványait is megvizsgálták. Kiderült, a 18/19. század fordulóján élt személyeknél a magas arzénszint szokványos, az eltérő étkezési szokásokból adódik. A száműzött császárt az ismert mítosszal ellentétben nem mérgezték meg [12].

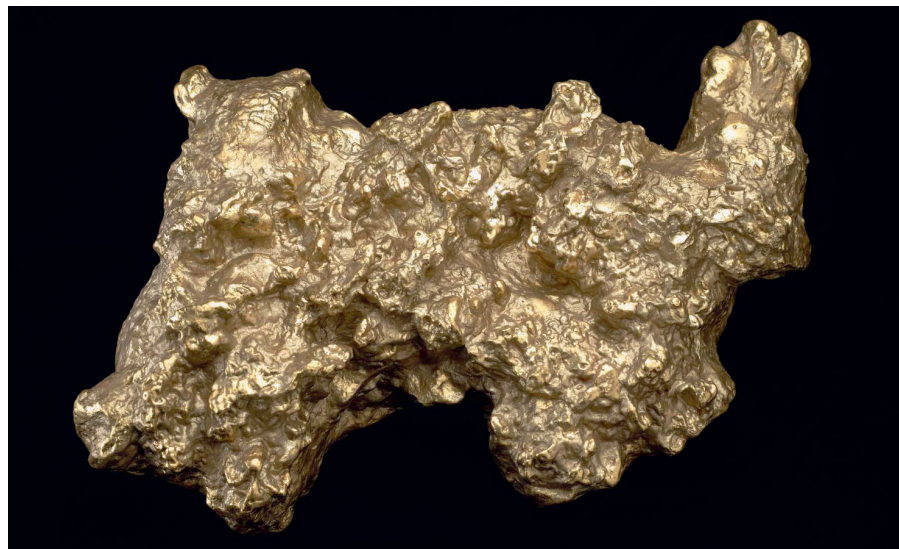
A konyhasó tanításának felpozíciójához: az Ur-Nammu sumer uralkodó (Kr. e. 2100 körül) által kiadott, a világ legidősebb – fennmaradt – törvénykönyvének paragrafusai elrendelik, ha a rabszolgává lett úrnő a férfi rabszolganőjére átkot szór vagy megveri, az úr 1 síla (kb. 40 dkg) sőt dörzsöljön le a száján. Ez a törvény érdekes példa arra, hogy a nátrium-kloridot bűntetés-végrehajtó eszközként, mérgeként is használták. Mindez azt az elvet is illusztrálja, hogy bizonyos mennyiségben minden anyag mérgező (*sola dosis facit venenum*) [13].

József Attila első, kilencéves korában elkövetett öngyilkossági kísérlete a nátrium-hidroxidhoz és a keményítőhöz kapcsolódik. Anyja mosónő, apja szappanfőző mester volt, a későbbi költő a szappankészítéshez használt lúgkövel akarta magát megmérgezni, de tévedésből keményítőt ivott [14].

Az ónpestis hozzájárult I. Napóleon 1812. évi oroszországi kudarcához, ugyanis a *Grande Armée*, a császár soknemzetiségű hadseregének zubbonyán ónból készült gombok voltak, és a hideg orosz időjárásban kiperegtek, jelentősen rontva a katonák hangulatát. A Déli-sark meghódítását célul kitűző Robert Scott 1910. évi tragédiáját is részben az ónpestis okozta, ugyanis a brit kapitány hátrahagyott raktáraiban ónforrasztású kannákban tárolta a petróleumot. A kannákat a visszavezető úton üresen találták, az expedíció megfagyott [15].

„Erre még a Dárius kincse sem elég” – a közismert mondás a sárgaréz tanításához köthető. I. Dareiosz, a dúsgazdag óperzsa király (Kr. e. 500 körül) perszopoliszi palotájának ajtajait sárgaréz lemezek borították, és mesés kincsei között sárgaréz kupák is helyet kaptak. Világos a propagandisztikus cél: rendkívüli gazdagságának látszatát a király ezzel a csellel még tovább fokozta. I. Dareioszról diákjaink a görög-perzsa háborúk veszteseként 9. osztályban összefoglalóként tanulnak – kémiából ekkortájt kerülhet terítékre a fémrács és az ötvözetek tanítása. Kitűnő lehetőség nyílik a tantárgyak közötti koncentráció (kapcsolat) kialakítására [2].

A valaha talált legnagyobb nuggetet (természeti aranyrögöt), a *Welcome Stranger* Ausztráliában találták 1865-ben, tö-



A Welcome Stranger másolata

mege 71 kg volt. 65 kg aranyat nyertek ki belőle. A bécsi *Naturhistorisches Museum*-ban őrzik eredeti fotó alapján készített gipszmásolatát [16]. Az arany nagyfokú nyújthatóságának illusztrálásához: az Operaház 1985-i felújításakor az épület díszítéséhez olyan vékony aranylemezeket (aranyfűst) használtak, hogy a rekonstrukcióhoz mindössze 7,5 kg arany volt szükséges [17]. A sűrűség ismeretében érdemes a diákokkal fejben kiszámoltatni, mekkora térfogatot jelent ez: kb. 4 dl jön ki. A Welcome Stranger térfogataként 3,5–4 liter adódik.

Az 6- és középkorban az orálisan adagolt higanyt bélszennyezés ellen használták, abban bízva, hogy súlyánál fogva kiegyenesíti a belet. Még a 19. század végén is adtak kisebb tömegű (néhány dekagrammnyi), vízzel fölrazott vagy krétával, keményítővel szétörzsolgt elemi higanyt a pácienseknek, azt remélve, hogy a bél nyálkahártyáját izgatva hasmenést okoz majd [18].

Szerves kémia

A Minamata-kór arról a japán halászfaluról kapta a nevét, ahol az első, környezet-szennyezés hatására kialakult tömeges higanymérgezés történt (1950-es évek). Egy vegyi üzem szennyvizének Hg^{2+} -tartalma a halak szervezetében felhalmozódott, majd a környékbeli halak, macskák – ezek ún. táncbetegséget kaptak –, végül a halászok szervezetébe jutva végtagzsibbadást, általános izomgyengeséget, súlyos esetben bénulást, kómát vagy halált okozott. A csatorna menti iszapban akkora higany-mennyiséget találtak (2 kg/tonna) amelynek akár a bányászata is rentábilis lehetett volna. A higany(II)ionok egy közeli acetal-

dehidgyárból kerültek a vízbe; az acetilén vízáddícióját higany(II)-szulfát katalizálja [19].

A DDT sikeres bevetése, majd betiltása igen tanulságos történet: a történelemre (II. világháború, járványok), a globális problémákra (a harmadik világ szegénysége) és a kemikáliák bevizsgálásának szükségességére egyaránt ráirányítja a figyelmet. Paul Hermann Müller 1934-ben fedezte föl a DDT rovarölő tulajdonságát, első jelentősebb bevetése 1943-ban, a szövetségesek dél-italiai partraszállása után a németek által védett Nápoly ostroma során történt. Ekkor szinte csodát művelt, megfékezte a tetvek által terjesztett tifuszt. Később a csótányok, a szúnyoginvázió, a krumplibogár ellen egyaránt hatékonynak bizonyult. Müller 1948-ban orvosi Nobel-díjat kapott. Később kiderült, hogy a DDT bioakkumulatív, és különféle káros hatásai is nyilvánvalóvá váltak: például a madarak tojásának héja elvékonyodott, a tojók költés közben összetörték saját tojásaikat (akadt olyan író, aki énekes madarak híján néma tavaszt vizionált). A DDT-t az 1960-as évektől kivonták a forgalomból. Afrikában azonban, mivel az emberi élet előrébb való a madarakénál, más megoldás híján ma is használják [2, 20]. Időben párhuzamos, hasonló, ám még szomorúbb a Contergannal történt eseménysor.

Minden iskolában tanítják az ezüsttűkört (Tollens-) és Fehling-próbát. Megemlíthető, hogy ezek az eljárások kvantitatív mérést is lehetővé tesznek, és ennek a cukorbetegség kórismézésében volt jelentősége. A Fehling-próba segítségével a csapadékként levált réz(I)-oxid tömege alapján – a glükózoldat térfogatának ismeretében – kiszámítható a minta glükózkon-



centrációja. Hermann von Fehling német vegyész a 19. század közepén kifejlesztett eljárását megelőzően az orvosnak meg kellett kóstolnia a kivizsgálandó beteg szemei vizeletét, hogy meggyőződhessenek annak cukortartalmáról. Innét származik a cukorbetegség latin neve: *diabetes mellitus* = *mézédes átfolyás*. Thomas Willis oxfordi orvos, II. (Stuart) Károly angol király udvari orvosa hívta föl a figyelmet a 17. században az e betegségben szenvedők vizeletének édes ízére. Mondanunk sem kell, hogy a Fehling-próba szalonképebb és – mivel számszerű végeredményt ad – pontosabb eljárás [21].

Kémiaórán ritkán hangzik el, hogy a palmitinsav volt a napalm egyik fő összetevője. Ez az 1942-ben fölaltatott háborús fegyver (lángszórók, gyújtóbombák alapanyaga) benzintől, különféle karbonsavakból, így nafténsavból és palmitinsavból állt, ráadásul alumíniumsókat is tartalmazott (napalm-A) [22].

Kevésbé ismert, hogy a kókuszszír összetételét Görgey Artúr határozta meg (ő mutatta ki benne a laurinsavat). Az 1848/49. évi szabadságharcban való részvétele fedlertette azt, hogy tehetséges vegyész volt, akinek vegytani publikációja is megjelent, ráadásul rangos külföldi folyóiratban (*Über die festen, flüchtigen, fetten Säuren des Cocusnussöles*. Bécs, 1848). Ezt az írását a 19. század második felének nemzetközi kémiai irodalma gyakrabban idézte, mint Irinyi János munkáit. Görgey adatai 20. századi kézikönyvekben is szerepelnek [15, 23, 24].

Ez idáig négy olyan tudós ismeretes, aki két Nobel-díjat nyert. Közülük hárman is kapcsolódnak a kémiához. Marie Curie hasonló témában, a radioaktivitás kutatásáért nyerte el a fizikait (1903), majd a kémiai (1911). Linus Pauling kémiai Nobel-díján (1954) túl Nobel-békedíjat is kapott (1962) – csak az első elismerés számít tudományosnak. A nemrégiben elhunyt Frederick Sanger (1918–2013) angol biokémikust viszont a kémia két jelentősen eltérő ágában, a fehérjék és a nukleinsavak szerkezetvizsgálati eredményeiért tüntették ki egy-egy kémiai Nobel-díjjal (1958, 1980). Illő, hogy neve elhangozzék a fehérjék kapcsán. Példaértékű, ahogyan a fiatalon elismert tudós – miután az inzulin aminosav-sorrendjének meghatározása meghozta számára az első Nobel-díjat – másik tudományterületbe is bele mert vágni. (A negyedik személy John Bardeen, aki 1956-ban és 1972-ben is fizikai Nobel-díjban részesült.)

Rengeteg történeti adalék fűzhető az al-



A nadragulya termése

kaloidák tanításához. Közülük az atropint emelem ki. Oldatát az ókori nők szemükbe csöpögtették, hogy kitágítsák pupillájukat (napjaink szemésze is használja), illetve arcfestékként alkalmazták. Az atropint a nadragulyából nyerték, melynek latin neve: *Atropa belladonna* az atropin mérgező és szemtágító hatására utal. Atroposz, a görög sorsistennő vágta el ollójával az élet fonálát. A *belladonna* jelentése: *szép hölgy*. Ami az ókori szépségesszmenyt és a kitágított pupillát illeti, ne felejtjük Homérosz eposzi jelzőjét, hányszor említi „tehén szemű” Hérát... [25]. ●●●

Tananyaghoz igazított kémiatörténeti katalógus kémiatanároknak

(A csillaggal jelölt témák bővebb kifejtése fentebb olvasható)

Atomszerkezet, radioaktivitás

Démokritosz atomjai, J. Dalton atomelmélete

Arisztotelész – *horror vacui*, 4 őselem, al-kémia (*)

A. Avogadro, bár fizikával is foglalkozott, végzettsége szerint egyházjogász volt Lénárd F. (Ph. von Lenard) és a katódsugárcső, J. Thomson és az elektron fölfedezése

Radioaktivitás – A. H. Becquerel, P. Curie és M. Skłodowska-Curie felfedezései

A rádiumlányok (*)

E. Rutherford szórás kísérlete, az atommag Hevesy Gy. és az izotópos nyomjelzés

Az U-235-tel működő hirosimai és a Pu-239 töltetű nagaszaki atombomba

A radiokarbon kormeghatározás

A magfúzió és Teller E.

L. Pauling és az elektronegativitás-skála alapkövei (Li: 1,0 és F: 4,0)

Periódusos rendszer

Az ókorban ismert hét fém és a hét napjainak neve az indoeurópai nyelvekben

J. J. Berzelius és a vegyjelek bevezetése

D. I. Mengyelejev élete (bigámiaja), tévedései (*)

L. Meyer – Mengyelejevvel összevethető – szerepe a periódusos rendszer felfedezésében

Reakciók

A. L. Lavoisier felfedezései (tömegmegmaradás, égés, gyémánt) és halála (*)

Ammóniaszintézis – F. Haber és C. Bosch élete (*)

Elektrolitos disszociáció – S. Arrhenius doktori értekezésének sorsa (*)

A sav-bázis elméletek (S. Arrhenius, J. N. Brønsted, T. M. Lewis) története

A fenoltalein hashajtó hatása – Vámosy Z. (*)

A besztarcebányai és a szomolnoki cementvíz (Cu²⁺-tartalma miatt a vastárgyak rézzé „változtak” benne)

A. Volta galváneleme

Nemesgázok és hidrogén

A nemesgázok sokáig gátolt felfedezése

Bródy I. és a kriptonnal töltött izzólámpa

Az Európa és Amerika között közlekedő LZ 129 Hindenburg nevű Zeppelin-típusú léghajó 1937. évi katasztrófája

Halogének

Semmelweis I. és a klórvíz (később klór-meszes) kézmosás

A klór volt az elsőként bevetett harci gáz (a ma Belgiumban fekvő Ypern/Ypres-nél, 1915, F. Haber személyesen felügyelte) (*)

A jódfelfedezése – B. Courtois macskája

A jódfé és a dagerrotípia – Petőfi S. egyetlen hiteles képe

Kalkogének

Az égés és a légzés során is oxigén fogy – J. Priestley kísérlete oxigént és levegőt tartalmazó bűrákkal, gyertyával, egérrel

A hidrogén-peroxid és a német V-2 rakéta (*)

A római korban a posztó fehérítésére használt égő kén

A tellúr és Müller F.

V.A főcsoport

Az ammónia nevének eredete (*)

A (fehér)foszfor fölfedezése és a hannoveri hadsereg vizelete (*)

Irinyi J. zajtalan gyufája

Napoleon és az arzén (*)

IV.A főcsoport

Híres (történelmi) gyémántok története (*)

**Az s-mező fémei**

A konyhasó mint büntetés-végrehajtási eszköz Ur-Nammu sumer uralkodó törvénykönyvében (*)

Mumifikálás az ókori Egyiptomban nátrium-karbonát és salétrom felhasználásával

Szappanfőzés a nátrium-hidroxid és a nátrium-karbonát segítségével

József Attila öngyilkossági kísérlete keményítővel (*)

A p-mező fémei

Az „agyagezűst” (az Al) 1 kg-os tömbje az 1855-i párizsi világkiállítás egyik fő látványossága

III. Napóleon császár alumínium evőeszközei

A magyar bauxitbányászat és alumíniumipar (pl. Gánt, Ajka)

Az őnpestis és B. Napóleon, R. Scott (*)

Ólom vízvezetékcsövek, ólomtartalmú arcfestékek az ókori Római Birodalomban

Az 1994. évi kalocsai fűszerpaprika-botrány: miniumot (Pb_3O_4) keverték a paprikába

A d-mező fémei

Tutanhamon fáraó (i. e. 1335–1325) meteorvasból kovácsolt kése

**Tutanhamon fáraó kése**

A kb. 1500 éves delhi vasoszlop, amely ismeretlen okból nem korrodeálódik

A somogyfaiszi őskohó

Fazola H. egri kovácsoltvas kapui

A kommunista Magyarország vas- és acélipara (Sztálinváros, Diósgyőr)

A Siemens–Martin-féle acélgéztartás

Dárius kincse és a sárgaréz (*)

A savas esők miatt megváltozott összetételű patina (egykor $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, ma zömmel $CuSO_4$)

Az arany és a középkori Magyarország világhírű nemesfém-bányászata, a Welcome Stranger, az Operaház felújítása (*)

Alaktartó volfrámszál (izzó) – Millner T. és Tury P.

A szerves kémia általános fogalmai

J. J. Berzelius és a szerves kémia fogalma
Vis vitalis-elmélet és megdöntése F. Wöhler által

A DDT tündöklése és bukása (*)

A freonok és az ózonlyuk

A Contergan (Thalitomide) és az optikai izoméria

Szénhidrogének

Metán – H. Davy biztonsági bányászlámpája

Oláh Gy. Nobel-díja „a karbokationok kémiájához való hozzájárulásáért”

Kőolajbányászat – E. Drake és az első kőolajkút, Eötvös L. torziós ingája

Az olajárrobbanás (1974-től) jelentős befolyással bírt a közelmúlt politikájára

A gázolaj (dízololaj) és az olajszőkítés az 1990-es években

A maja indiánok kaucsukból készült labbeljei, labdái

Az acetilén ipari felhasználása és a Minamata-kór (*)

A benzol szerkezete, F. A. Kekulé álma

Oxigéntartalmú szerves vegyületek

Az etil-alkohol és a sör, valamint a bor kultúrtörténete (magyar borvidékek)

H. Fehling és a cukorbetegség (*)

A palmitinsav és a napalm (*)



Szent-Györgyi Albert

Szent-Györgyi A. és az aszkorbinsav
Vajhiány a 19. század második felében és a margarin fölfedezése

A. Nobel és a dinamit

Richter G. és az acetil-szalicilsav (Kalmopyrin), valamint a H_2O_2 (Hyperol)

Alkaloidák

A kinin és a malária leküzdése

A morfin mákból való kinyerésének ipari módszere (Kabay J.) és helye a II. világháborús katonák gyógyításának eszköztárában

A kokain és a Coca-Cola (eredetileg tartalmazta, utóbb koffeinnel váltották ki)

A koniin (a foltos bürök alkaloidja) és Szókratész kivégzése

A nikotin és a dohány kultúrtörténete

Az atropin és a női szépítkezés (*)

Biokémia

Lipidek – Görgy A. és a kókuszszőr (*)

Kristálycukor – Tessedlik S. és a hazai cukorrépa-termesztés, Dobos J. és a dobos-torta (1884)

Keményítő – ruha (inggallér) keményítése
Cellulóz – a papírgyártás története

Az inzulin szekvenálása és F. Sanger első Nobel-díja (*)

A DNS kettős hélix szerkezete – J. Watson és H. Crick

IRODALOM

Rövidítések: KT = A kémia tanítása; KÖKÉL = Középiskolai Kémiai Lapok (online elérhetőség: <http://www.kokel.mke.org.hu>). A honlapok esetében az utolsó látogatás időpontja 2017. augusztus 31. volt.

1] kerettanterv.ofi.hu

[2] BALÁZS LÓRÁNT: *A kémia története*. I–II. Bp., Nemzeti Tankönyvkiadó, 1996. I. 14. (fenoltalein); 72. (Dárius és a sárgaréz); 87–89. (alkímia); 101–102. (mosás vízzelettel); 167–168. (fehérgyógy); 563–566. (Arrhenius); II. 800–802. (DDT)

[3] SOMLAI JÁNOS: *Esetek, sugárbeszéd*. Veszprém, Radioökológiai Tisztaságért Társadalmi Szervezet, 2008. 134–135.

[4] ILLYÉS GYULA: *Naplójegyzetek (1981–1983)*. Bp., Osiris-Századvég Kiadó, 1995. 186.

[5] LENTE GÁBOR: *Mengyelejev tévedései*. KÖKÉL, 36. évf. (2009) 4. sz. 289–294.

[6] GÜNTHER WERMUSCH: *A gyémánt története*. Bp., Kosuth, 1987.

[7] MÉRŐ LÁSZLÓ: *A csodák logikája. A kiszámíthatatlan tudománya*. S. I., Tericum, 2014. 163–164.

[8] THOMAS HAGER: *The Alchemy of Air: A Jewish Genius, a Doomed Tycoon, and the Scientific Discovery That Fed the World but Fueled the Rise of Hitler*. New York, Three Rivers Press, 2008.

[9] VÁMOSSY ZOLTÁN: *Egy új hashajtószerről (a purgáról)*. Orvosi Hetilap, 46. évf. (1902). 9. sz. 147–148.; 10. sz. 167–168.

[10] NÉMETHI ISTVÁN: *A csodafegyver. A titkos fegyver ígérete és a valóság*. Rubicon, 26. évf. (2015) 11. sz. 69–75.

[11] FÜLÖP JÓZSEF: *Rövid kémiai értelmező és etimológiai szótár*. Celldömölk, Pauz-Westermann, 1998. 16. (amónia)

[12] HAHNER PÉTER: *100 történelmi tévhit*. Bp., Animus, 2010. 180–182.

[13] MARTHA TOBI ROTH: *Law Collections from Mesopotamia and Asia Minor*. Atlanta, Society of Biblical Literature, 1995. (Writings from the Ancient World 6.) 20.

[14] JÓZSEF JÓLÁN: *József Attila élete*. Bp., Cserépfalvi, 1940. [Reprint: 1989.] 113–118.

[15] LENTE GÁBOR: *Vízilónapje és más történetek kémiából*. Bp., Typotex, 2017. 50–51. (őnpestis); 126–129. (Görgy Artúr)

[16] GREENWOOD, N. N.–A. EARNshaw: *Az elemek kémiája*. III. Bp., Nemzeti Tankönyvkiadó, 2004. 1607.

[17] CZÉNYI PIROSKA et al.: *Az operaház*. Bp., Képzőművészeti Kiadó, 1987. 14–15.

[18] BALOGH KÁLMÁN: *A Magyar Gyógyszerkönyv kommentárja. Gyógyszertani kézikönyv*. Bp., Magyar Orvosi Könyvkiadó Társulat, 1879. 634–635.

[19] VARGA MARGIT: *Bioszervetlen kémia*. [Bp.], ELTE Eötvös Kiadó, 2006. 148–150.

[20] KALYDI GYÖRGY: *Negyven éve tiltották be a DDT-t*. KT, 16. évf. (2008) 1. sz. 13–15.

[21] BRASSAI ZOLTÁN et al.: *Fejezetek a cukorbetegség történetéből*. Orvostudományi Értesítő, 81. kötet (2008) 4. sz. 232–262. Online: http://www.orvostudert.ro/images/PDF/2008_4/2008_4_14.pdf.

[22] LINDQVIST, SVEN: *A History of Bombing*. New York, New Press, 2003.

[23] SOMOGYI FARKAS PÁL–RIEDEL MIKLÓS: *„Arthur Görgy aus Toporez in Ungarn”, a vegyésztábornok. 90 éve hunyt el Görgy Artúr*. KT, 14. évf. (2006) 4. sz. 10–16.

[24] RIEDEL MIKLÓS: *Görgy Artúr, a vegyész-tábornok*. Magyar Kémikusok Lapja, 71. évf. (2016) 12. sz. 380–384.

[25] *Gyógyszerkémia. I. Szerk. Tóke László–Szegehy Lajos*. Bp., Tankönyvkiadó, 1992. 260., 290–291.