

Proteomika

(Dr. Darula Zsuzsa – Dr. Gulyás Éva – Dr. Klement Éva –
Dr. Medzihradzsky-Fölkl Katalin)

Milyenek a Leclanché-féle „szárazelemek”?

(Dr. Galbács Zoltán)

Tévképzetek a kémiában – Könyvismertetés

(Kapitány János Sándor)

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: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1680 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

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

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

Proteomika

Dr. Darula Zsuzsa tudományos munkatárs,

Dr. Gulyás Éva tudományos munkatárs,

Dr. Klement Éva tudományos munkatárs,

Dr. Medzihradszky-Fölkl Katalin tudományos tanácsadó,

MTA SZBK Proteomikai Kutatócsoport

Milyenek a Leclanché-féle „szárazelemek”?

Dr. Galbács Zoltán ny. egyetemi docens,

SZTE Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék, Szeged

Tévképzetek a kémiában – Könyvismertetés

Kapitány János Sándor középiskolai tanár,

Wesselényi Miklós Műszaki Szakközépiskola, Budapest

Átadták a Magyar Kémia Oktatásért-díjakat

Tizenkettedik Rätz Tanár Úr Életműdíj

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 fényképeket 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. Darula Zsuzsa – Dr. Gulyás Éva – Dr. Klement Éva –
Dr. Medzihradzky-Fölkl Katalin

Proteomika*

Napjainkig a tudományos kutatás általában úgy folyt, hogy a kutatók felállítottak egy hipotézist, ennek alapján kísérleteket terveztek, amelyek eredményei a hipotézis bizonyítékát vagy cáfolatát szolgáltatták. Manapság gyakrabban folytatunk ún. rendszer-biológiai vagy az angol kifejezés tükörfordításával élve „felfedezések hajtotta” kutatást. Persze ilyesmi régebben is létezett, hiszen a hipotézisek kialakításához szükség volt előzetes megfigyelésekre, adatokra. A különbség az, hogy most tudatosan próbálunk nagy mennyiségű kvalitatív és kvantitatív adatot gyűjteni egy adott rendszerről alapállapotban (kontroll) és különböző egyéb helyzetekben – pl. stimulánsok hatása után, vagy stressz helyzetben, vagy „meghibásodás esetén”, azaz betegségek során stb., továbbá, hogy az adatok feldolgozása nem csupán egy jó megfigyelőképességű egyén agyában zajlik, hanem megfelelő informatikai infrastruktúra (hardver és szoftver) segítségével.

A humán genom szekvenálása volt a legjelentősebb az úttörő jellegű, nagy volumenű és nem hipotézisen alapuló projektek közül. Hatalmas elvárásokkal indult ez az akkor éveket igénybevevő, nemzetközi összefogást igénylő munka. Joggal (és naivan) hittük, hogy a teljes genom szekvenciával kezünkbe kapjuk a kulcsot az emberiség sokszínűségéhez, megértjük majd a különbséget egészség és betegség között stb. Bizonyos csalódással kellett tudomásul vennünk, hogy nem így van, nem ennyire egyszerű a dolog. A kutatás azóta is folyik, hogy minél több információt kicsikarjunk az összegyűjtött

genetikai adatokból, de közben más területeken is megindult a hasonló, nagy volumenű „eredeti adatfelhalmozás”.

A genom-szekvenálás egyik hatalmas eredményeképp a fehérje-adatbázisok „feldagadtak”. Fehérjéink szekvenciája ott rejlik genetikai kódunkban. A lefordítás nem teljesen egyértelmű – de ennek magyarázata túlmutat ezen a fejezeten. A lényeg annyi: a genom szekvenálás eredményeképp rengeteg „lehetséges fehérje” szekvenciája jelent meg az adatbázisokban. Csak éppen azt nem lehetett tudni ezekből az adatokból, megszintetizálja-e szervezetünk valaha is ezeket a fehérjéket. És ha igen: mikor, mennyit és milyen formában.

Mindenekelőtt tisztázzuk az alapfogalmakat. (<http://hu.wikipedia.org/wiki/Fehérje>; <http://hu.wikipedia.org/wiki/Aminosavak>) A fehérjék többnyire húszféle, ún. fehérjealkotó aminosavból épülnek fel. Egy aminosav általános képlete $\text{NH}_2\text{-CH(R)-COOH}$. Precízebben $\text{L } \alpha\text{-aminosav}$ król van szó. A görög betű azt jelzi, hogy az aminocsoport a fő funkciónak tekintett karboxil-csoporthoz közvetlenül kapcsolódó szénatomon van. Ugyanehhez a szénatomhoz kapcsolódik az aminosavat azonosító oldallánc (R). Miután egy szénatomhoz négyféle különböző csoport kapcsolódik (a glicin kivételével), és ez az elhelyezkedés tetraéderez, ennek az a következménye, hogy ezen vegyületek két változatban léteznek, egymás tükörképi párjaként. Úgy mondjuk, hogy optikai izomerek. Szervezetünk a két variációból csak az egyiket hasznosítja, ezt jelzi az ‘L’ betű. A fehérjékben

* A cikk a *Biológiai Háttéranyag-tár* számára készült: <http://www.dgci.sote.hu/biolhatteranyag>. A szerzők szíves engedélyével közöljük.

az aminosavak ún. peptidkötéssel kapcsolód-
nak egymáshoz: $\text{NH}_2\text{-CHR1-CO-NH-CHR2-}$
 $\text{CO-...NH-CHRn-COOH}$. Konvenció szerint
mindig a szabad aminoscsoport, azaz az amini-
vagy N-terminus felől kezdjük leírni az aminosav-
vak sorrendjét, azaz szekvenciáját. A jobb olda-
lon lévő véget karboxi- vagy C-terminálisnak
nevezzük. Az aminosavak megfelelő (hírvivő,
azaz „messenger” RNS által közvetített) sor-
rendben való összekapcsolása az ún. translá-
ció. Már az aminosav-lánc kiépítése közben, de
főképp utána kémiai változások történhetnek a
fehérjékkel: pl. a láncot egy másik fehérje (en-
zim) darabokra hasíthatja, vagy egy kémiailag
aktív oldalláncrea valami módosító csoportot pa-
kolhat. Ezek az ún. poszt-transzlációs módosítá-
sok. Szerepük sokféle lehet – bizonyos enzimek,
hormonok aktivitásához az kell, hogy elveszít-
sék szekvenciájuk egy részét; a jelátvitelhez fosz-
fát-csoportokat kell egy fehérje adott oldallán-
cára helyezni, majd amikor betöltötte
funkcióját, el kell távolítani; vannak fehérjék,
amiket oldallánc-módosító zsírsav-„horgony”
rögzít a sejtmembránhoz stb.

Tehát az analitikus feladata: határozza meg,
milyen fehérjék vannak jelen egy fehérje-komp-
lexben, vagy egy sejtorganellumban, vagy akár
egy teljes sejtben. Aztán, ha ezt kiderítette,
mondja meg azt is, milyen módosítások estek
meg ezzel a fehérjével, és lehetőleg kvantitatív
választ is adjon mindezekre a kérdésekre.

Igen ám, de hogyan?!

Fehérjéket régen is analizáltunk. Ha az ami-
nosav sorrendre voltunk kíváncsiak, kémiai re-
akcióhoz folyamodtunk, pontosabban olyan re-
akció-sorozathoz, ami megjelölte az N-terminális
aminosavat, aztán lehasította, azonosította, és
utána kezdte a folyamatot előlről az immáron új
terminális aminosavval. Ezt hívják Edman-de-
gradációnak, vagy Edman-szekvenálásnak. Elég
sok (>10 pmol) és egységes anyag kell hozzá,
nem működik olyan fehérjékre, ahol az N-termi-
nális módosítva van (a „blokkolt” vég meglehe-
tősen gyakori). ([http://en.wikipedia.org/wiki/
Protein_sequencing#Edman_degradation](http://en.wikipedia.org/wiki/Protein_sequencing#Edman_degradation);

[http://www.biotech.iastate.edu/facilities/pro-
tein/nsequence494.html](http://www.biotech.iastate.edu/facilities/protein/nsequence494.html)). Immunreakción ala-
puló detektálással (ún. Western blot; [http://
en.wikipedia.org/wiki/Western_blot](http://en.wikipedia.org/wiki/Western_blot)) szintén
azonosíthatunk fehérjéket. Ez többnyire nagyon
specifikus, és rendkívül kevés fehérjét is detek-
tál. Csak az a probléma, hogy előre tudnunk
kell, mit keresünk.

A megoldást a modern tömegspektrometria
szolgáltatta. ([http://en.wikipedia.org/wiki/
Protein_mass_spectrometry](http://en.wikipedia.org/wiki/Protein_mass_spectrometry))

A cél: molekulák szerkezetének meghatáro-
zása tömegmérés alapján. Ehhez először meg
kell határozni a teljes molekula tömegét minél
pontosabban. Aztán valahogy darabokra kell
törni a molekulát, és a darabok tömegét is meg
kell mérni. Ha ismert szerkezetű molekulákkal
kezdünk, kitalálhatjuk a „fragmentálódás” sza-
bályait, és a tanultakat alkalmazhatjuk ismeret-
len molekulákra.

Mérleg híján egyéb fizikai eszközöket kell al-
kalmaznunk. Ionok jól terelgethetőek elektromos
és mágneses térben – vagyis szortírozhatóak és
mérhetőek. Tehát a mérendő molekulákat ioni-
zálni kell (nagy vákuumban, hogy ne veszítsük
el az ionokat a levegő alkotóival való ütközések
során).

Nem térhetünk ki a technikai részletekre, ez
megint egy külön fejezet lenne ([http://
en.wikipedia.org/wiki/Mass_spectrometry](http://en.wikipedia.org/wiki/Mass_spectrometry)).

A lényeg az, hogy fehérjék vagy fehérje-da-
rabkák, ún. peptidok ionizációjára az ún. „elec-
trospray” (elektro-porlasztás) a legalkalmasabb.
A Nobel-díjas feltalálónak, John Fenn-nek a rég-
óta használt festékszóró adta az ötletet: szűk ka-
pillárisban áramlik a vizsgálandó oldat, a kapillá-
rison néhány kV feszültség, a tömegspektrométer
bemeneti nyílása pár milliméterre van leföldelve,
a potenciálkülönbségnek hála többszörösen tölt-
ött cseppecskék képződnek, amikről a rövid
úton (amíg elérik az „ajtót”) „lehamozódnak”
az oldószer-molekulák, és a készülékbe már
a többszörösen töltött peptid-ionok lépnek. A fe-
hérjékben bőven akad bázikus csoport, a hasz-
nált oldószer rendszerint tartalmaz egy kevés sa-

vat, így rendszerint egyszeresen vagy többszörösen protonált ionokat tanulmányozunk.

A tömegspektrométer megfelelő fizikai megoldásokkal tömeg/töltés (m/z) arány alapján válogatja szét az ionokat. A legegyszerűbben megmagyarázható megoldás a repülési idő mérése. A belépő ionokat egy elektród az eredeti repülési irányra merőlegesen kilöki és a repülési cső végén detektáljuk a beérkező ionokat. Miután minden iont ugyanakkora feszültséggel lökünk ki, minél nehezebb egy ion, annál kisebb sebességre tesz szert, azaz lassabban repül. Minél több töltés van egy adott tömegű ionon, annál sebesebben ér célba. Az óra abban a pillanatban indul, amikor az ionokat meglöki az elektród. Modern technikával már pár nanoszecundum (10^{-9} másodperc) időkülönbséget is detektálni tudunk. Az ionok útja elég kurta (mondjuk 1–2 m), és általában m/z 2000 a mérés határ. Miután m/z alapján „szortírozunk”, ha elég sok protont képes egy molekula felvenni, akkor akár egy 100 kDa-os molekula is belefér ebbe a mérés tartományba (Da = Dalton, a tömegmérés egysége. A szén 12-es izotópjának a tömege 12,000 Da vagy amu, azaz atomi tömegegység).

Hogy is néz ki egy tömegspektrum?

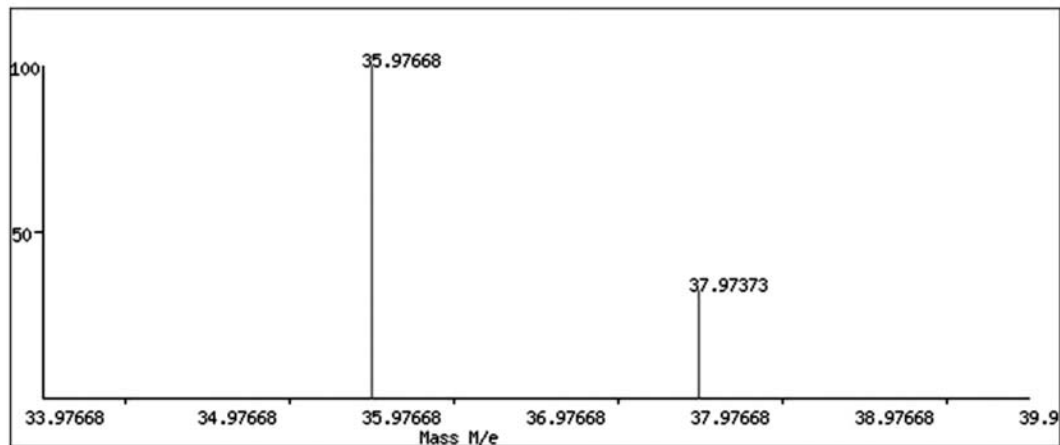
Míg kémiai reakciókban az izotópok keverékével dolgozunk és számolunk, addig a tömeg-

spektrometriában ezek az izotópok láthatóvá lesznek. Tegyük fel, hogy sósavat mérnénk tömegspektrometriával. Mindenki tudja, a hidrogén-klorid összetétele HCl, molekulatömege 36,46 g/mol. De ilyen tömegű iont hiába is keresnénk a tömegspektrumában! Két csúcsot fogunk látni (1. ábra).

Ugyanis a klórnak van egy 35-ös és egy 37-es izotópjá, és ezek előfordulási aránya 3:1.

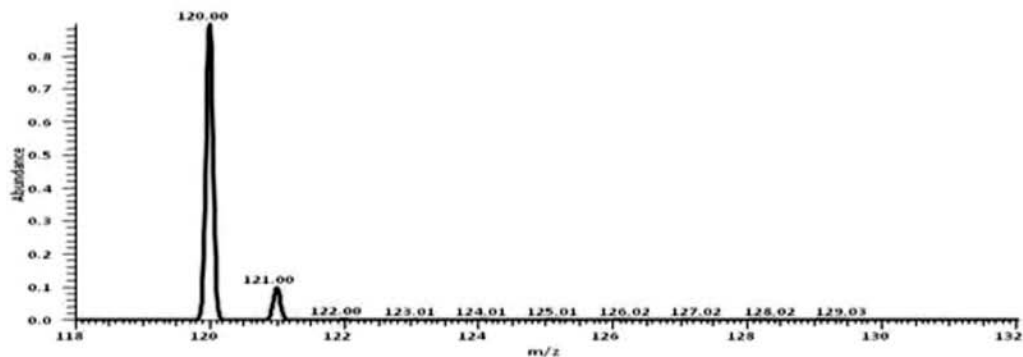
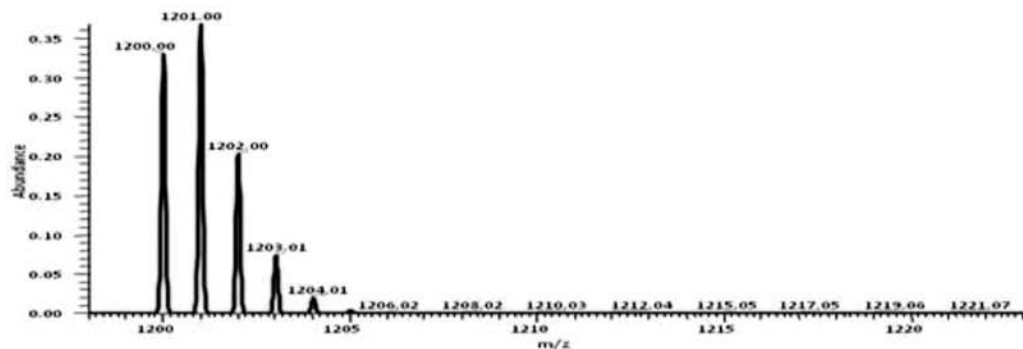
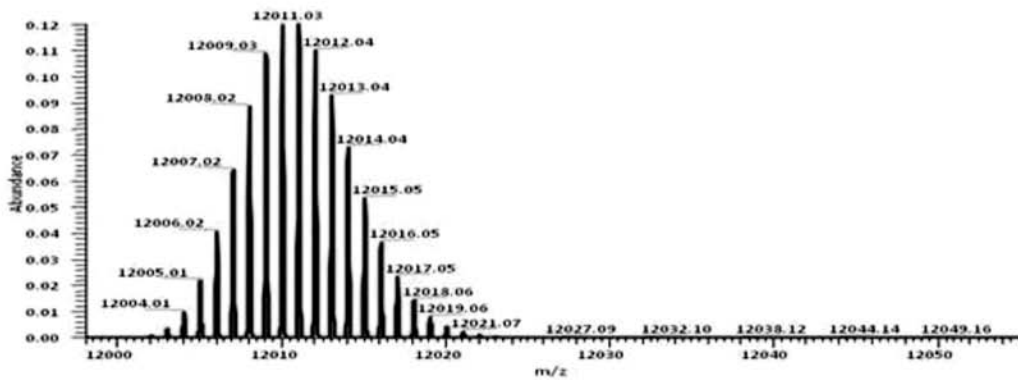
A fehérjéket alkotó elemek – C, H, N, O, S – közül csak a kénnek van „jelentős” mennyiségű természetes izotópjá, a ^{34}S kb. 4%-ban fordul elő. Úgy gondolná tehát az ember, hogy nemigen kell figyelmet fordítanunk az izotópokra, hiszen csak két kéntartalmú fehérjealkotó aminosav létezik (metionin, cisztein), és ezek sem olyan gyakoriak, a következő leggyakoribb fehérjealkotó izotóp pedig a ^{13}C 1,1%-os előfordulási aránnyal. Mit számít az? Hát bizony sokat! Miért is? Szénből bizony bőven akad egy peptidben vagy fehérjében, és minél több szénatomunk van, annál bizonyosabb, hogy akad közöttük a nehezebb izotópból – egy fehérjében eltörpül a csupán ^{12}C -t tartalmazó csúcs (2. ábra).

A többi fehérjealkotó elem stabil izotópjainak előfordulási aránya sokkal alacsonyabb: ^2H – 0,02%, ^{15}N – 0,37%, ^{17}O – 0,04%, ^{18}O – 0,2%. Tehát amikor egy peptid spektrumában



1. ábra

Hidrogén-klorid izotóp-eloszlása (elméleti tömegspektruma)

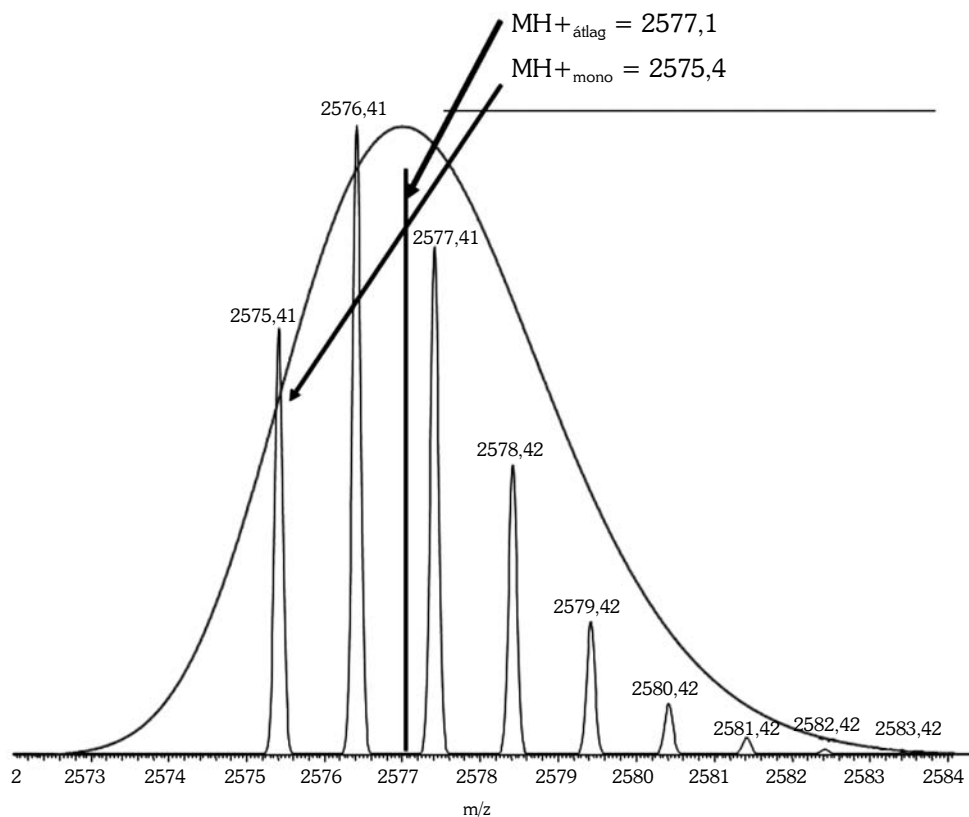
Elméleti izotóp-eloszlás, C_{10} Elméleti izotóp-eloszlás, C_{100} Elméleti izotóp-eloszlás, C_{1000} 

2. ábra

detektáljuk az izotóp-csúcsokat, azokért elsősorban a jelenlevő nagyszámú szénatom a felelős, de azért hozzájárulnak egy kicsit a többiek is. Mi ennek a következménye? Először is, a csúcs-sorozatban csak a legeslegelső (nem a legintenzívebb!) ion homogén, azaz minden elemből csak egyfajta izotóp lehet jelen, ezért is nevezzük monoizotópos ionnak. Amennyiben az izotópot el tudjuk különíteni a mérés során (úgy mondjuk, elegendő a felbontás), akkor mindig a monoizotópos tömeget határozzuk meg, mert ezt tudjuk a legpontosabban mérni, hiszen az összes többi ion keverék, és a különböző izotópcsúcsok a felbontás függvényében átfedve, de kissé esetleg már szétválva nem annyira pontosan mérhetőek (3. ábra).

A másik következmény az, hogy az izotópcsúcsok közötti tömegkülönbségből meg tudjuk

mondani, hány töltés volt az ionon. Hogy is van ez? Az egyszeresen töltött ion (MH^+) izotópjai között kb. 1 Da különbség van. A kétszeresen töltött ion (MH_2^{2+}) izotópjai egymástól már csak 0,5 Da-ra vannak (ne feledjük, m/z alapján szortírozunk!), a háromszorosan töltött ionoknál a különbség 0,33 Da-ra csökken és így tovább. Tehát tulajdonképpen csak le kell számolnunk, hány izotópcsúcs jut 1 Da-ra, és megvan a töltésszám! Egy molekula többféle töltésállapotban is megjelenhet. Alacsony felbontású tömegspektrometriánál (amikor az izotópcsúcsok összeszorulnak, és csak egy befoglaló csúcsot látunk) saccolnunk kell a mért tömegsorozatból, ha ilyesmire gyanakszunk, vagy meg kell oldanunk egy kétismeretlenes egyenletrendszer. Mondjuk, hogy a spektrumban két csúcs jelent meg és arra gyanakszunk, hogy ezek összetartoznak.



3. ábra

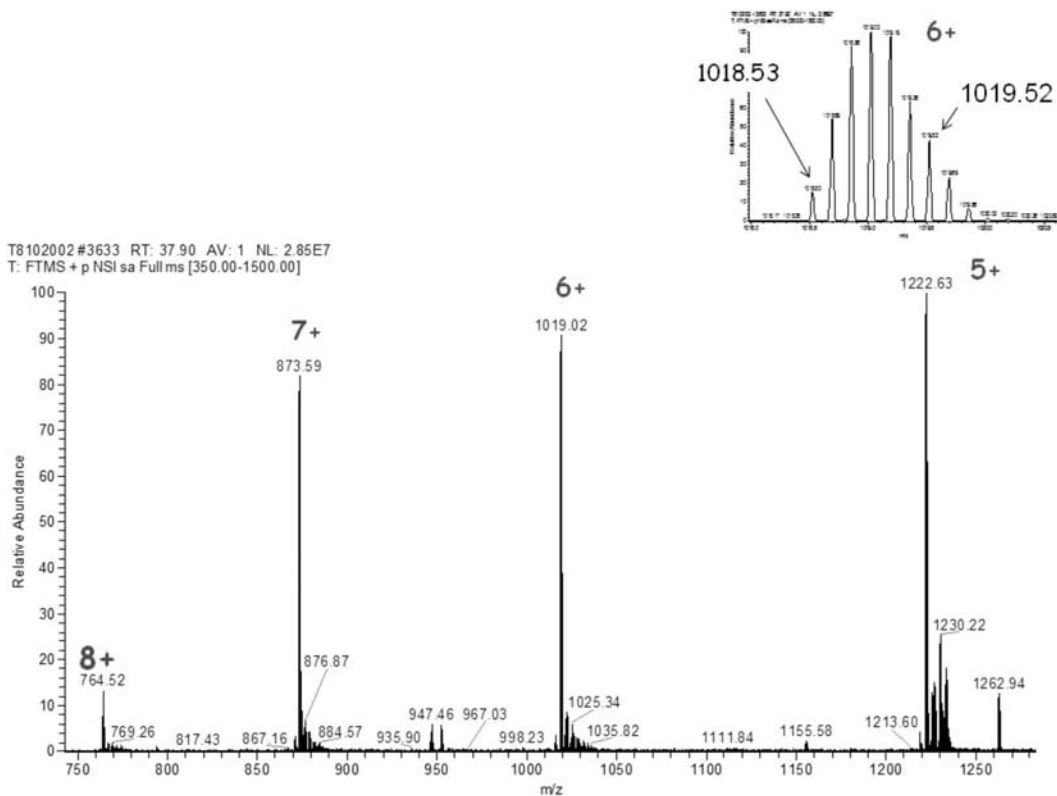
Peptid molekula-ionja, nagy és kis felbontással „mérve”. Monoizotópos és átlagtömeg

Ha az alábbi spektrumban nem lennének a kiemelt számok (8;7,6,5), akkor csak annyit tudhatnánk, hogy ha az m/z 1222,6 'n' töltést visel, akkor m/z 1019 'n+1' töltéssel kell, hogy rendelkezzen. Miután a töltések száma a begyűjtött protonokat is jelenti, a következő egyenlet-rendszerrel kell dolgoznunk, ha a töltések számát és a semleges molekulatömeget is szeretnénk „kitalálni”: $1019 \cdot (n + 1) - (n + 1) = MW$, illetve $1222,6 \cdot n - n = MW$. Innen már egyszerű, ugye?

Ez a spektrum viszont nagy felbontással készült, a jobb felső sarokban látható az egyik ion klaszter „közelebről”. Abból az ábráskából nyilvánvaló, hogy az m/z 1019 ion 6 töltést visel, és a peptid monoizotópos semleges tömege: 6105,13 (amikor ezt számoltuk, már nem a kerekített protontömeget használtuk, hanem

a pontosat: 1,007825 – a pontos tömegmérésnél így dukál). (4. ábra)

Mint a fenti példából is látható, nagyobbacska peptidok monoizotópos tömegét is meg tudjuk határozni. Milyen pontosan? A titok: a felbontáson kívül a készülék stabilitásán (rezgés – lásd közeli főút erős kamionforgalma, vagy hőmérséklet-változás – minden tömegspektrometriás laboratórium klimatizált) és a kalibráción múlik a dolog. Jól kiválasztott, ismert tömegű mintával állítjuk be a masinát. Ha ezt a mintát külön mérjük, külső kalibrációról beszélünk. Ha a kalibráló anyag (standard) jelen van minden éles minta mérésekor, akkor belső kalibrációt alkalmazunk. A mérések pontosságát pedig a mérendő tömeghez viszonyítva adjuk meg, nem százalékban, hanem milliomod ré-



4. ábra

Egy nagyobb peptid ESI spektruma.

A jobb felső sarokban egy szűkebb tömegtartományt mutatunk be

szekben. A legjobb készülékek belső kalibrációval már csupán 1 milliomodrész tévednek! Azaz a mérés hibája 1 ppm (parts per million).

Ha egy relatíve kis molekulának mérjük a tömegét ilyen pontosan, akkor elemi összetételét is meghatározhatjuk. De egy adott képlet több kémiai szerkezetet írhat le. Ráadásul az aminosavak elemi összetétele eléggé hasonló. Tegyük fel, hogy a mért MH^+ 1260,5992, és 0,3 ppm pontossággal sikerült meghatároznunk. Még így is 5 különböző elemi összetétele lehet a peptidnek, ami 497 különböző aminosav összetételnek felel meg, és a lehetséges permutációk száma: 853571872. (<http://prospector.ucsf.edu/prospector/cgi-bin/msform.cgi?form=mscomp>) Tehát további információra van szükség, ha szeretnénk egy peptidet azonosítani. Ezt az információt pedig ún. fragmentációs analízissel, vagyis MS/MS kísérlettel szerezhetjük meg. Technikai oldalról az akció tandem tömegspektrometriával valósítható meg. Az első tömeganalizátor segítségével kiválasztjuk az elegyből a bennünket érdeklő iont, azután a molekulát az ún. ütközési cellában nitrogénnel vagy argonnal ütköztetve (ütközéses aktiválás, collision-induced dissociation = CID) darabokra törjük, és azok a darabok, amelyeken van töltés, mérhetőek a második tömeganalizátorral. Az ütközés(ek) során begyűjtött energia egy része vibrációs energiává alakul, és különböző kötések hasadhatnak, nyilván a gyengébbek előbb szállnak el. Az egyszerűség kedvéért tekintsük úgy, hogy peptidnek esetében csak maga a peptidkötés hasad. Ha a töltés az N-terminális darabon marad, 'b' ionok képződnek, amiket a terminális felől számoznak. Amikor a töltés a C-terminális darabon marad, akkor 'y' fragmentumokról beszélünk, ezeket is a megfelelő terminálistól számozzuk. (5. ábra)

A peptidek fragmentációja nyilván szekvenciafüggő, azonkívül még befolyásolja a folyamatot egy csomó dolog, többek között az is, hogy milyen készüléket használunk, de ebbe talán most ne menjünk bele. A lényeg, hogy az

aminosav-sorrend alapján egy peptid MS/MS fragmentumainak tömegét kiszámíthatjuk: <http://prospector.ucsf.edu/prospector/cgi-bin/msform.cgi?form=msproduct> (azt nem tudjuk megjósolni, mind megjelennek-e, és ha igen, milyen intenzitással, de hát semmi sem tökéletes).

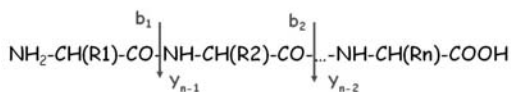
Mire jó ez az egész?

Ideális esetben megmérhetjük egy teljes fehérje tömegét. Ha a mért tömeg és a szekvencia alapján számított tömeg stimmel, minden rendben van. Ha különbözik, akkor a különbségből lehet arra következtetni, mi is történt. Mondjuk, ha a tömeg 16 Da-nal nagyobb, könnyen lehet, hogy valamelyik metionin ($NH_2 - CH(CH_2 - CH_2 - S - CH_3) - COOH$) oxidálódott. Persze az ilyen gyanút igazolni is kell. Egy fehérjét nem olyan könnyű MS/MS kísérletben megfelelően darabokra törni. Más módszerhez kell folyamodni.

Vannak olyan enzimek, amiknek az a dolguk, hogy más fehérjéket feldaraboljanak. Az ilyen ún. proteolitikus enzimek gyakran változatosak, és csak egy adott aminosav mellett hajlandóak hasítani, és annak is csak az egyik oldalán. A leggyakrabban használt enzim, a tripszin a két bázikus aminosav, az arginin ($Arg, NH_2 - CH(CH_2 - CH_2 - CH_2 - NHCNH(NH_2)) - COOH$) és a lizin ($Lys, NH_2 - CH(CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - NH_2) - COOH$) C-terminálisánál hasít. Tehát, ha egy fehérje aminosav-sorrendjét ismerjük, megjósolhatjuk, mekkora darabo-

MS/MS, ütközéses aktiválás

Collision-induced dissociation, CID



* $NH_3-CH(R_n)-COOH = y_1$ fragmentum

5. ábra

kat kapunk egy triptikus emésztés során. Aztán végre is hajthatjuk az emésztést, és megmérhetjük a darabokat. Egy nagy fehérje sokféle darabot produkálhat, ezért a komponenseket igyekszünk szétválasztani. Peptidekre rendszerint ún. fordított fázisú kromatográfiát használunk. A peptidek vizes oldatát egy olyan oszlopra injektáljuk, amely hosszú szénláncokkal borított „gyöngyökkel” van töltve. A peptidek „ragadnak” ezekhez a láncokhoz. Egy darabig mosogatjuk a gyöngyöket vízzel, hogy megszabaduljunk az emésztés során használt sóktól. Aztán lassan, egyenletesen szerves oldószert keverünk az oldatba, amely átfolyik az oszlopon, és a peptidek lassan „elersztek” az oszlopot. A poláros peptidek jönnek le először.

Könnyen belátható, hogy ez a szeparálás remekül kapcsolható a tömegspektrometriával. Az oszlopról lejövő oldatot vezetjük be az „electrospray” kapillárisba, és szépen megmérjük az érkező peptideket.

Tudjuk, milyen tömegeket várunk. Amelyik nem található a megjósolt peptid-sorozatban, ott történt valami. Hogy a fenti példánál maradjunk, ha valóban egy metionin oxidáció történt, akkor egy metionint tartalmazó peptid tömege 16 Da-nal magasabb lesz. Persze az is előfordulhat, hogy több ilyen aminosav van a fehérjében, és mindegyik oxidálódott egy kicsit. Akkor detektáljuk ezen peptideket módosítatlanul, és oxidálva is. Aztán előfordulhat, hogy egy triptikus peptidben két metionin lapul, és hol az egyik, hol a másik oxidálódik. Egyszerre két egyforma peptid-tömegünk van. Fragmentációs analízis, azaz MS/MS fedi majd fel, melyik aminosavval történt a változás.

Hogyan is lehetne egy ilyen módszert hasznosítani mondjuk annak kiderítésére, milyen fehérjék vannak egy komplexben? Egyszerű! Izoláljuk a fehérje-komplexet. Megemésztjük a fehérjeelegyet tripszinnel. Az így kapott peptideket elválasztjuk az előbb leírt kromatográfiával, és tömegspektrometriával analizáljuk az „eluátumot”, azaz az oszlopról lejövő pep-

tideket. Ha csak egyetlen fehérjénk lenne, akkor könnyű dolgunk lenne. Van egy mért peptidtömeg listánk. Ezt a listát összevetjük az adatbázisban levő fehérjékhez tartozó, szekvenciájukon és a tripszin specificitásán alapuló „jósolt” peptid-sorozatokkal. Ez az ún. LC/MS analízis. Amelyikhez a legjobban stimmel, az az igazi. Sajnos a peptidek összetétele nagyon hasonló, így a tömegük is gyakran egyezik, az adatbázisban sok fehérje van, időnként az aminosav-sorrendjük hasonló, azonkívül itt keverékekkel van dolgunk, tehát simán peptidtömegek alapján nem tudjuk a fehérjéket megbízhatóan azonosítani. Nyilván megbízhatóbb lenne a dolog, ha a peptidek szekvenciáját is meg tudnánk határozni. Mi sem egyszerűbb! Az új készülékek képesek arra, hogy tömeget mérjenek, aztán automatikusan kiválasszák az 'n' legintenzívebb komponenszt a mérés során detektált ionok közül, és MS/MS analízist végezzenek rajta, aztán folytassák ezt az alternáló adatgyűjtést a kromatográfiás szeparálás végéig. Az adatgyűjtés végén lesz egy csomó triptikus peptidtömegünk, és a peptidtömegek mellé ott vannak az MS/MS fragmens tömegek is. Ebből egy ügyes programmal olyan dokumentumot kreálunk, ami megjelenési sorrendben listázza a peptidtömegeket, és minden peptidtömeg fejlece alatt a hozzátartozó fragmenseket. Ez az ún. csúcslista.

Ahogy egy fehérjéhez rendelhetünk egy proteolitikus emésztéssel produkálható peptidtömeg sorozatot, így minden egyes peptidhez rendelhetünk egy, a szekvencia alapján kiszámítható MS/MS fragmens sorozatot. És ezt használjuk az ún. adatbázis lekeresések során.

Az adatbázis-lekereső szoftver (angolul search engine-nek hívják) „megemészt” in-silico az összes fehérjét az adatbázisban tripszinnel, azaz minden egyes szekvencia mellé felsorakoztatja a várható triptikus peptidek tömegeit. A szoftver utána veszi az első peptidtömeget a csúcslistáról. Kikeresi az „in-silico” listából az összes olyan megjósolt peptidet, aminek ugyan-

az a tömege. Ezek a jelöltek. Ezeket mind „fragmentálja” in-silico, azaz számos fragmenslistát produkál. Amelyik a legjobban passzol a mért listához, az az igazi. A szoftver így végigmegy az összes peptiden/spektrumon a csúcslistából – a végeredmény egy csomó azonosított fehérjedarab. Utána a program összecsoportosítja azokat a peptideket, amik egy fehérjéhez tartoznak, és a végeredmény egy fehérjelista.

A fentebb leírt analízis egy leegyszerűsített kvalitatív kísérlet. Meglepően jól működik, ahhoz képest, hogy mennyi akadályt kell legyőznie. Mik ezek? Először is, a lekereső program számára a kezdeti feltételek szentek. A fehérjék azonban biológiailag és kémiailag is aktív „termémenyek”. Így egy enzim időnként ott is hasít, ahol nem „illene”, vagy kifelejt legitim hasító helyeket. Továbbá a mintaelőkészítés során mindenféle vegyszereket használunk, amik reagálhatnak a fehérjéinkkel. A fehérjén lehetnek továbbá poszttranszlációs módosítások, amiket

a sejt pakol különböző oldalláncokra, esetleg a terminusokra a fehérjeszintézis alatt, után, permanensen vagy időszakosan stb. Mindezeket a módosított, nem előre „betervezett” darabokat sokkal trükkösebb azonosítani.

Ráadásul a fehérjéket a darabkáikból azonosítjuk, de nem minden fehérje hasítható kedvező enzimmükkel előnyösen ionizálható, fragmentálható (és így „szekvenálható”) darabokra. Aztán a triptikus peptidekből meglehetősen nehéz következtetéseket levonni az egész fehérjéről. Mi van akkor, mondjuk, ha a fehérjét a sejt egy hosszú láncként szintetizálja, utána kettévágva tárolja, és az aktív formához még eltávolít egy darabot? Ha olyan szekvenciát találunk az elegyünkben, amely mind a három formában megtalálható, bizony nem tudhatjuk, melyikből is származik.

És akkor még a mennyiségi analízisről nem is beszélünk...

De hát ettől szép és izgalmas a tudomány!

Dr. Galbács Zoltán

Milyenek a Leclanché-féle „szárzelemek”?

A galvánelemek felfedezése óta az elemhasználat annyira elterjedt, hogy szinte elképzelhetetlen az élet nélkülük. A fényképezőgép működtetéséhez, a zseblámpához, a faliórához, az elemes játékokhoz stb. elemeket használunk. Amikor még nem volt tranzistoros rádió, csak elektroncsöves készülékek működtek, az elemek tették lehetővé a rádiózást a tanyavilágban.

A legnagyobb arányban a Georges Leclanché-féle elemek terjedtek el. Különösen akkortól váltak jól használhatóvá, amikor az ún. **szárzelemeket** megalkották 1870–1890 körül.

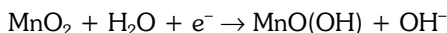
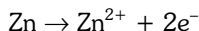
Régebben, amikor az iskolai kísérletezéshez körülényesebben lehetett anyagokat, eszközöket beszerezni, a kimerült Leclanché-féle 4,5 V-os zseb-

lámpaelem szétbontásával lehetett szénrúdhoz jutni. A 4,5 V-os „zseb-telep”-ben 3 db 1,5 V-os szárzelem található sorba kötve. Az egyes elemek hengeres tartálya cinkből készül. Ez az elem negatív pólusa. A henger belsejében egy szénrúd (mikrokristályos grafit) van, tetején az áramvezetést megkönnyítő (és forrasztható) sárgaréz sapkával, ez az elem pozitív pólusa. A rudat egy sötétbarna, textiltzacskóba burkolt massa (MnO_2 , barnakő) veszi körül és a massa is, valamint a hengeres tartály is egy nyálkás-kocsonyás anyaggal van kitéltve. Ez az ammónium-klorid (NH_4Cl) oldat, az elektrolit, amelyet pl. lisztel itattak fel. Az elem felső vége a külvilág felé szurokréteggel van lezárva.

A klasszikus Leclanché- (szár) elem a szerkezetből következően nem volt érzékeny

az elem helyzetére, fejjel lefelé állítva is működött. A ki nem merült elem teljesen zárt volt. Az elektrolit kocsonyásítása (a szárazelem előállítás) mellett praktikus volt az a megoldás is, hogy a burkoló tartály maga az elektród. Ez utóbbi azonban hátrányára vált, amikor az elem kimerült. Az elektródcink fogyása azt eredményezte, hogy a tartály lyukacsossá vált és a kocsonyás, savas kémhatású elektrolit kívülre kerülhetett. Az elektrolit savassága, a klorid-tartalom az érintkező fémetek, esetleg az elektromos berendezéseket is korrodálhatta. Ezért írják minden elemes elektromos készülék használati utasításába, hogy ha hosszabb ideig nem használja a készüléket, az elemeket vegye ki belőle. A figyelmeztetés a mai napig megmaradt, annak ellenére, hogy időközben az elem-kifolyást igyekeztek mérsékelni (leak proof). Az elem védőburkolatot kapott papírból, műanyagból, nikkelezett vasból. Ha az egyes elemek külső felületén sehol sem látszik a matt szürke cink fémfelület, akkor valamilyen kifolyás-védelmet beépítettek.

Az elem működése során a cink oldódik. Cink-ion képződik és az elektródon hátramaradnak az elektronok. A töltést egy külső körben (pl. wolframszálaz izzón keresztül) elvezetve, miközben hasznosul az energiája (az izzólámpa világít), az elektron a szénrúdra kerül. Itt az elektronok redukálják a rúdhoz közeli anyagokat. Egyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy az elektronok redukálják a mangán(IV)-oxidot mangán(III)-má:



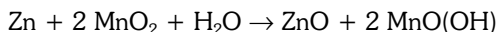
Valójában a folyamat sokkal összetettebb. Egyrészt a cink oldódva nem egyszerű Zn^{2+} -ionként lesz jelen, hanem különböző komplexionok képződnek. (A cink-ionhoz vízmolekula, ammónia, kloridion stb. koordinálódhat: pl. $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$, $\text{ZnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$, $\text{ZnCl}_2 \cdot 4\text{Zn}(\text{OH})_2$). A szénrúd elektronja sem közvetlenül redukálja a mangán(IV)-et. Lehet előbb hidrogéniont redukálni és az atomos hidrogén redukálja majd a mangán(IV)-et. A szénrúd közelében a már re-

dukálódott mangán(III)-nak odébb kell kerülni, hogy a távolabbi MnO_2 is a szénrúd közelébe kerülhessen stb. (A töltés tovakerülését segíti az, hogy szénporral – grafittal – keverik a mangán-dioxid töltetet.)

Az elemek annyira egyszerűek és jól használhatók, hogy mindmáig gyártják különböző méretű változataikat (AAA, azaz mini-ceruzaelem; AA, azaz ceruzaelem; C, azaz bébielem; D, azaz góliátelelem méretekben) milliárdos darabszámban.

Az eltelt több, mint 100 év alatt több korszerűsítést is végeztek az elemeken. Az előbb említett kifolyásgátlás mellett a nagyobb áramleadó képesség érdekében az elektrolitban az ammónium-kloridot cink-kloridra cserélték. (Az elem belső ellenállása kisebb lett.) A legjelentősebb változtatással, a lúgos töltettel kb. 60 éve kerültek piacra az ún. **alkáli** elemek.

Ezeknél az elektrolitot 30%-os kálium-hidroxidra cserélték. Elhagyták a cinkből készült serleget, helyette nikkelezett vastartályt használnak. A cinkelektrod cinkporból lett kialakítva (sajtolva), mert a por nagyobb felülete nagyobb mérvű oldódást, s ezzel nagyobb áramot biztosíthat. A mangán-dioxid réteghez grafitot kevertek, hogy az áramvezetés jobb lehessen. Természetesen a lezárás sem szurokkal, hanem különböző műanyag alkatrészekkel lett megoldva. A mangán-dioxid depolarizátor elválasztásához sem textilzacsót, hanem lyukacsos anyagot használnak. Az egyszerűsített folyamat:



ahol közbülső ion a $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$.

Mivel az elemek használata immár kikerülhetetlen, gyártásuk, forgalmazásuk jó üzlet, s ezért igen sok gyártótól sok-sok különböző elnevezésű elem kerül a boltokba. Az azonos külső méretű elemek árai igen különbözőek, olykor 1:10 arányban is különböznek! Kérdéses, hogy a tízszeres ár tízszeres teljesítményt nyújt-e?!

Ha a feliratokat szemléljük, ilyen elnevezéseket találunk: „Super heavy duty”, „high energy”, „long life”, „ultra heavy duty” stb. Az elnevezés alapján azonban nem lehet tájékozódni, leg-

többször csalódás a vége. Előfordulhat, hogy az oktatási intézmény tantermi falióráiba 1–2 havonta kell ceruzaelemet cserélni, s úgy az éves üzemeltetési költség több, mint a falióra ára!

Régebben voltak olyan kiadványok (pl. „Nagyító” havilap, „Teszt Magazin”), amelyekben a minőségellenőrzés eredményeit közreadva a vásárló tájékozódhatott. Olvasható a termék áráról, előnyös és előnytelen tulajdonságáról, és választhatott. Mára megszűntek ezek a szolgáltatások. (Egyrészt sokkal többfajta termék – pl. mosógép, vasaló stb. – van forgalomban, másrészt a minőségvizsgálat esetleg nem erősítene meg a reklámok hangzatos ígéreteit!)

A legegyszerűbb tájékozódást az ún. mAh (milliamper-óra) kapacitás megadása szolgálja.

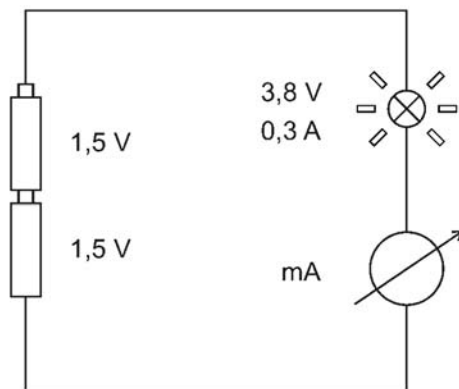
Ha ez a szám 2000 mAh, akkor az azt jelenti, hogy az elem 1 mA áramfelvételi készüléket (pl. faliórát) 2000 órán át (azaz kb. 83 napon keresztül) tudná működtetni. Ha egy készülék a működéséhez 10 mA áramot igényel, akkor azt az előbbi 2000 mAh kapacitású elem csak 200 órán keresztül tudná működtetni ($2000 \text{ mAh} : 10 \text{ mA} = 200 \text{ óra}$). Sajnos ezt az igen hasznos tájékoztató adatot az elemeken nem tüntetik fel. (A vizsgált több tucatnyi elem közül csak egyen, ott is csak az egyik nyelven írt ismertetés szövegében volt olvasható a mAh kapacitás adat.) Néhány nagyobb gyártó honlapjáról egyes elemek (nem akkumulátorok) kapacitása is megismerhető, azonban az internetezés kevés boltban áll rendelkezésre.

Azért tanulunk, hogy a tanultakat hasznosítsuk!

Mi magunk is meghatározhatjuk az elemek mAh kapacitását! Ehhez 1–2 elem „feláldozása” szükséges. A mellékelt kapcsolási rajz szerinti elrendezést kell kialakítani. Elemtartóba tett, két db sorba kötött elem ($2 \times 1,5 \text{ V} = 3 \text{ V}$) feszültségét úgy kötjük egy zseblámpaizzóhoz (pl. **3,8 V** és **0,3 A** adatú klasszikus lapos zseblámpa izzójához), hogy közbeiktatunk egy milliampert mérő műszert. Az izzót folyamatosan világítatjuk és közben időnként leolvassuk az

átfolyó áram erősségét. Az áramerősség kezdetben, a bekapcsoláskor a legnagyobb (az izzó ekkor világít a legfényesebben). Néhány perc múlva egy kissé alacsonyabb áram mérhető. Ez a szint kismértékben tovább csökken, majd néhány óra múlva „hirtelen” nagyon lecsökken. Az izzólámpára rátekintve, annak fényességéből is következtethető a teljesítmény változása. Célszerű az összekapcsolást követően óránként (vagy ahogy alkalmunk adódik) feljegyezni az áramerősséget. Az áramerősség-idő függvényt elkészítve megkapható az elemek jellegzetes teljesítmény görbéje. (Az 1. táblázat valós mérési eredményeit mindenki ábrázolhatja milliméterpapíron!) A mAh kapacitás a görbe alatti terület összegzése (az áramerősség idő szerinti integrálja). Addig az ideig kell a mérési adatokat figyelembe venni, ameddig az izzólámpa világít (vagy amíg az áramerősség az induló érték kb. felére csökken).

Az összegzést (numerikus integrálást) ábrázolás nélkül is elvégezhetjük. Tekintsük az 1. táblázat adatait, abból is az 5. és 6. órában mérhető áramerősségeket! Az 5. órában az átfolyt áram erőssége 175 mA, a 6. órában 173 mA volt mérhető. Egy órán keresztül (tehát az 5. és 6. óra között) fokozatosan, kismértékben csökkent az áram erőssége. Ez a teljesítmény úgy vehető, hogy a kezdeti (az 5. órában mért 175 mA) és végső (a 6. órában mért 173 mA) áramerősség átlagával ($(175+173)/2 = 174$), azaz 174 mA áramerősséggel folyt az izzón keresztül egy



1. ábra

órán át. Így az 5. és 6. óra között 174 mAh kapacitást fogyasztottunk el az elemből. Ha hasonlóan a többi mérési pontpár közötti kapacitás fogyasztást is kiszámítjuk és azokat összeadjuk, megkapjuk, milyen mAh kapacitással, teljesítményű az adott elem. Az 1. táblázatban szereplő elem kapacitása 2119 mAh-nak adódott.

Az elemek mAh kapacitása attól is függ, hogy milyen áramerősséggel terheljük az elemet. Ha kisebb áramerősséget veszünk ki az elemből, akkor nagyobbak találjuk a kapacitást. Ha az áramkivétel nem folyamatos, hanem szakaszosan vesszük ki az áramot (és a kikapcsolt állapotban időt hagyunk arra, hogy a mangán-dioxid depolarizátor „rendezze sorait”, a kémiai folyamatok teljesebben lejátszódjanak, beálljon egy egyensúly), akkor is valamivel nagyobbak adódik a kapacitás.

Próbaképpen a kereskedelemben kapható elemekkel elvégeztem az előbb ismertetett kapacitás vizsgálatot: 2-2 db ceruzaelemet (AA) sorba kötve milliamper mérővel és egy zseblámpa izzóval (3,8V 0,3A). (2. táblázat)

A mérési adatok alapján néhány megállapítás tehető:

- Nem a legjobban reklámozott márkák a legnagyobb kapacitásúak, még ha azokat adják a legdrágábban is.
- Az angol nyelvű hangzatos dicséreteket célszerű figyelmen kívül hagyni.

- Azok az elemek, amelyek heavy duty elnevezést tartalmaznak a csomagoláson, közönséges cink-szén elemek, klasszikus Leclanché elemek, legfeljebb $ZnCl_2$ töltettel az NH_4Cl helyett. (A csomagoláson általában feltüntetik a Zn-carbon jelölést.)

- Amely elemeken (vagy csomagolásukon) látható az alkaline felirat, azok nagyobb kapacitású alkáli elemek cinkporral és kálium-hidroxiddal töltve.

- Minél nagyobb az elem tömege, annál több cinket (és mangán-dioxidot) tartalmaz, következésképp annál nagyobb kapacitású.

- Ha az elem bármely felületrészén látható a szürke, matt cink felület, az az elem a legkisebb kapacitású fajtához tartozó, bármit is ír a gyártó. Legyünk óvatosak a használatnál, az elem hamar „kifolyhat”!

- Érdemes az elem lejáratát idejét is megnézni. A „Carbon-Zinc” elemek kb. 3 évig tárolhatók, az „alkaline” elemek kb. négy-öt évig. A tárolás ideje alatt van csekély mértékű önkisülés. Ezért, ha a vásárlás idejében az elem jelölt „Best before...év lejáratát a következő év (még rosszabb, ha a jelen év), akkor gyanakodhatunk, hogy az elem már jóval kisebb kapacitású, mint a gyártáskor.

- Az elemek tömeggyártással, automata gépsoron készülnek. Ha a vásárlandó elem átlátszó csomagolásán keresztül látszik, hogy az elem alja maszatos, mintha lepedékes lenne, az arra

Működés ideje, óra	Áramerősség, mA	Működés ideje, óra	Áramerősség, mA
0	200	8,0	170
0,5	185	9,0	168
1,0	180	10,0	164
2,0	179	10,50	162
3,0	178	11,0	160
4,0	177	11,5	157
5,0	175	12,0	153
6,0	173	12,25	142
7,0	172	12,75	60

1. táblázat

Az ábra szerinti elrendezésben mért áramerősségek a bekapcsolást követően

Gyártmány	Jellemzés	Kapacitás mAh	Tömeg g/db
ROBUST	Super battery	555	12,74
STRONGER	High power battery	315	10,70
TIDAL	Heavy duty	569	12,59
SOMA (kék)	Super heavy duty	492	12,59?
LONGLIFE	Long life	749	13,46
TOSHIBA	Heavy duty	753	17,39
GP Super	Alkaline battery	1264	22,99?
SOMA (piros)	Alkaline battery, New advanced	2207	24,34
DouBle Oxen	Alkaline battery	1988	23,57
DURACELL	Last longer...Much longer	1887	23,91
EVEREADY	Heavy duty	787	17,50
VARTA	Superlife	737	17,13
Power KING	Super alkaline, 2000 mAh	2622	23,91
SHARP STAR	New version, Super alkaline	2126	23,33
FITU	Deluxe	907	14,63
ROBUST	Super alkaline, New version	2072	23,65
PHILIPS	Long life	691	15,80
GP Greencell	Extra heavy duty	744	17,15
GP	Super value, Super alkaline	2212	22,99
AGFA PHOTO	Super heavy duty	909	15,16
Sky Green	Extra heavy duty	807	13,90
AEROCELL	Nagyteljesítményű alkáli elem	2104	23,33
REÁL	Tartós elem	2498	22,82
ARCAS	Alkaline	2222	23,33
SONY	Ultra heavy duty	750	17,15
ARCAS	Super heavy duty, High quality	919	14,61
VARTA	High energy, alkaline	2375	23,58
ENERGIZER	Ultra+, Essential power, Everyday	2119	23,28
555	High energy, alkaline	1784	23,32
S-BUDGET	Power alkaline	2243	23,48
SiM PEX	Professional, Ultra Power Alkaline	2378	23,65
MegaCell	Super heavy duty	918	14,23
VARTA	MAX TECH, Alkaline	2550	23,86
VARTA	Longlife extra, Long lasting alkaline	1901	23,42
VARTA	Energy, Simply alkaline	1878	22,85
Eveready Silver	Long Lasting Power	877	18,06
TESCO	Power Hu Tech, Extra long life, alkaline	2113	23,51

2. táblázat

A kereskedelemben kapható (AA, Mignon, LR6, 1,5V) ceruzaelemek kapacitás adata és tömege

utal, hogy gyártási hiba miatt az elem kifolyt, kimerült. Semmiképp se vegyünk belőle!

Az elemekre (csomagolásukra) írt figyelmeztetéseket célszerű követni akkor is, ha azokat a gyártók a maguk védelmére (az esetleges kártérítési igény kivédése céljából is) írták:

- Az elemeket nem szabad tűzbe dobni! Mindig több mangán-dioxidot tartalmaznak, mint amennyi az elem cinktartalmához szükséges. Ezért az a tűzben a kloridion tartalmú elektrolittal mérgező klórt is fejleszthet. Egyéb reakciók robbanásszerűen is végbemehetnek!
- Az alkáli elemeket nem célszerű kibontani, mert a tömény kálium-hidroxid bőrre kerülve (és szembe jutva) a fehérjéjét oldja és súlyos károsodáshoz vezethet!
- Az elemeket használat után veszélyes hulladékként kell kezelni! Általában ráírják, hogy 0,0% Hg-t és Cd-ot tartalmaznak. Ez csak arra utal, hogy nem adtak az elemhez extra higanyt vagy kadmiumot (katalizátorként sem). Nem azt jelenti, hogy egyáltalán nincs az elemben higany, vagy kadmium! *Egyrészt, az elem*

technikai minőségű anyagokból készül (és nem az analitikailag legtisztább készítményekből), ezért eleve jelen lehet vegyszerszennyezésként a higany és a kadmium is, továbbá a cink gyakori szennyezéseként az ólom is (még ha depolarizátorként PbO_2 -t nem is alkalmaztak). *Másrészt, a 0,0% Hg-tartalom jelölés hibás, mert az ilyen jelölés már megengedné a 0,01% higanyt, azaz a 100 ppm, másképp 100 mg/kg higanytartalmat, amely borzasztóan sok, de a kerekítés szabályai miatt lehetséges jelölés! Tűzbe dobva az elemeket, a fémek gőzei a környezet levegőjét mérgeznék!*

- Ha különböző gyártmányú elemeket kötünk sorba, akkor a sorba kötött leggyengébb tag (elem) kapacitása szabja meg a használhatóságot. (Lehet, hogy pl. a rádió még szól, de a leggyengébb elem már kifolyt a tokjából és korrodálja a készülékünket.)

Irodalom

- [1] Ronald M. Dell, David A.J. Rand (2001): *Understanding batteries. Royal Society of Chemistry.*

Kapitány János Sándor

Tévképzetek a kémiában – Könyvismertetés

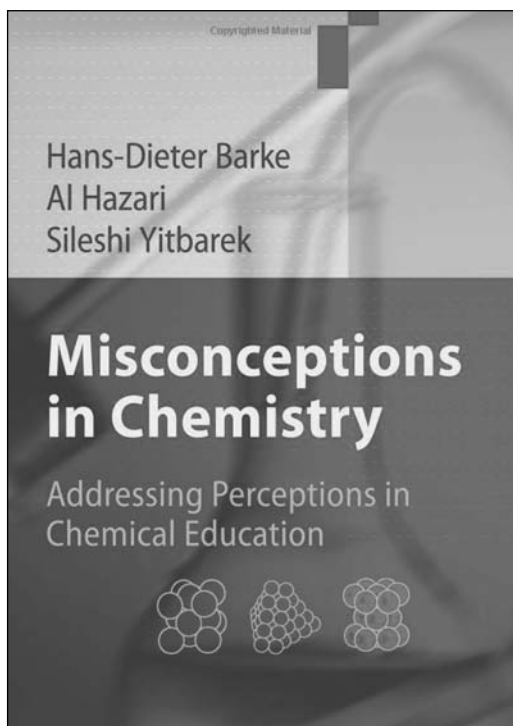
Hans-Dieter Barke, Al Hazari, Sileshi Yitbarek:

Misconceptions in Chemistry (Tévképzetek a kémiában),

Springer Kiadó, Berlin, Heidelberg, 2010.

„Az utóbbi évtizedekben számos kutató felfedezte, hogy a gyerekek, tanulók és még a fiatal felnőttek is saját elképzeléseket fejlesztenek ki a »természet valódi működéséről«. Az égéssel, a gázokkal vagy a tömegmegmaradással kapcsolatos preconcepciókat figyelembe kell venni a tanítás során, a tanároknak észre kell venniük és megfelelően kell reagálniuk ezekre az oktatás színvonalának növelése érdekében. Vannak

»iskolagyártotta tévképzetek« is, melyek az egyensúly, a sav-bázis vagy redoxireakciók tanítása során keletkezhetnek, elsősorban a rossz tanítási eszközöknek és a nem megfelelő tanterveknek köszönhetően. Ennek a monográfiának az elsődleges célja az, hogy segítséget nyújtson az egyetemeken, főiskolákon és a közoktatásban tanító tanároknak a preconcepciók azonosításához és »gyógyításához«. Az »iskolagyártot-



ta tévképzetek» esetében is segítséget adhat a megelőzésben, mert ezeknek elejét vehetjük, ha a kezdetektől fogva reflektíven tanítunk. A kötet tartalmaz az iskolában, osztálytermi körülmények között elvégezhető kísérleteket teljes kísérlet leírással, illetve olyan szerkezeti modelleket, amelyek a tévképzetek gyógyítására és megelőzésére alkalmasak.” [1]

A szerzőkről általában

Prof. Dr. Hans-Dieter Barke a Münsteri Egyetem Kémiai Didaktikai Intézetének vezetője, aki Johann Friedrich Gmelin-díjat kapott



kémiai didaktikai munkásságáért a Német Kémikusok Társaságától (GDCh). Kémiai oktatási karrierje több, mint 35 évet ível át. A professzor úrról többet megtudhatnak a vele készített interjúból [2]!

Dr. Al Hazari a Tennessee Egyetem Kémia Intézetének professzora, aki Helen M. Free-díjat



kapott kémiai munkásságának társadalmi eredményeiért az Amerikai Kémikusok Társaságától (ACS).

Mottója: „Természettudomány a 2–102 éves korosztály számára.”

Dr. Sileshi Yitbarek Etiópiából származik, ott szerezte a B.Sc. és M.A. diplomáit. A Münsteri Egyetemen a Kémiai Intézetben volt PhD hallgató. Kutatási témája a „tetraéderes”



kémiaoktatás értékelése. Vagyis a tanulók kémiai tévképzeteinek megelőzésének és gyógyításának lehetséges kereteit kutatja.

Felépítés

A könyv 10 fejezetből áll:

1. Az ókori tudósok tapasztalatai
2. Tanulói tévképzetek és korrekciójuk
3. Az anyagok és tulajdonságok
4. Az anyag részecskeszemlélete
5. A szerkezet és tulajdonság összefüggései
6. Kémiai egyensúly
7. Sav-bázis reakciók
8. Redoxireakciók
9. Komplexképződési reakciók
10. Energia

A könyv végén megtalálhatjuk a könyvben a fejezetekhez kapcsolódóan ismertetett 99 kísérlet listáját. A leírásban a könyvből származó (magyar feliratos – Kapitány János fordításai) képekre az eredeti jelölésükkel hivatkozom. (például: Fig. 1.0)

A fejezetekről

Az 1. fejezetben a szerzők – amelyben az ókori természettudósok tapasztalásait mutatják be – párhuzamot vonnak a történelem során kialakult kémiai elméletek és a tanulók – kémiai tanulmányaik során kialakuló – korai elképzelései között. A fejezetben többek között az *óselemekkel, az alkímia anyagátalakítási elképzeléseivel, a flogiszonelmélettel, a sav-bázis elméletek történeti fejlődésével, a „horror vacui” elvvel és a részecskeszemlélettel, az atomok és anyagok szerkezetének megismerésével* foglalkoznak a szerzők.

A történelmi fejlődést és az adott elmélet fejlődéstörténetét veszik alapul és a történelmi változást kiváltó kísérletekre, elképzelésekre koncentrálnak, ezeket próbálják meg beépíteni a modern tanítási folyamatba a tanulók elméleteinek fejlesztése céljából. Ismerjük meg a téves

vagy még kiforratlan elképzelést, és próbáljuk meg mindent elsősor bizonyítékokkal korrigálni vagy fejleszteni. A diákok érzzenek hasonlóságot a saját problémájuk és az ókori tudósok problémái között, jöjjenek rá, hogy ugyanaz a két probléma forrása, és ezért lehet ugyanaz a megoldása is. Ebben nagy szerepet kap a tanár, aki végigviszi a diákot a napjaink tudományos gondolkodásához vezető történelmi ösvényen. Egy hibákkal, félreértésekkel, zsákutcákkal, tekintélyelvűséggel, gőgösséggel teli utat kell közösen végigjárniuk.

A szerzők az őselemekről szóló résznél a görög filozófusok természettel kapcsolatos nagy kérdéseivel vezetik be a történelmi elméleteket, például: „Miből áll a mi világunk?”, „Melyek az őselemek, anyagok vagy alkotók?”, ugyanakkor leszögezik, hogy „semmi nem keletkezhet a semmiből és semmi sem semmivé meg semmivé, csak az anyag megjelenése változik meg!”. Ezen elképzelések az ókori tudósoknak a figyelmét a következő problémákra terelte: „Melyek lehetnek a Föld anyagai?”, „Az anyag nemteremtődése és elpusztíthatatlansága”, „Az anyag átalakíthatósága, az összetevőinek megváltoztatásával”. Ismereteink szerint Arisztotelész volt az első, aki az anyag és a tulajdonság fogalmakat külön kezdte tanítani: „a kreáció nem más, mint egyik esszenciából a másikba való átalakítás”. Ez később az alkímia kialakulásához vezetett.

A második alfejezetben – logikusan – az alkímiával folytatják a szerzők, ami a 4. és a 16. század között élte fénykorát, de még a későbbi századokban is találhatunk nyomokat, amelyek az alkímia gondolatvilágának fennmaradását bizonyítják. Az alkímia szó elemzését követően a szerzők rátérnek a „fémcsinálás” és „fémelőállítás” témákra. Természetesen kihagyhatatlan az alkímisták aranycsinálási törekvéseinek megemlézése. A témát jól körüljárják a szerzők és nem felejtik el megemlíteni, hogy ennek az „aranycsinálási örületnek” a végét bizonyosan egy 1923-as berlini kísérlet jelentette. 1923-ban egy fizikusnak sikerült higanyból elektromos áramos

kezeléssel előállítania az alkímisták által hön áhított aranyat. Ezt a kísérletet több más kutatónak sikerült reprodukálnia. Igen ám, de néhány év vizsgálódás után rájöttek, hogy a keletkezett kis mennyiségű arany nem a higanyból alakult át, hanem az elektródokból oldódott ki. Ez a csalódás egyúttal az „aranycsinálási álom” végét is jelentette. Ma már tudjuk, hogy az „anyagátalakításhoz” atommag-átalakításra van szükség, ezért ez nem valósítható meg kémiai eljárásokkal, hiszen a kémiai reakciók nem változtatják meg az atommag összetételét.

A harmadik alfejezet a flogiszonelmélettel foglalkozik. A tanulók égésről alkotott elképzeléseiben nagyon gyakran felismerhetők ennek az elméletnek a részei. Korrekciójukhoz elengedhetetlen, hogy a tanár ismerje a flogiszonelmélet támadható pontjait, és azon történeti kísérleteket, melyek tévutakra vitték a tudósokat, többek között Stahl. Lavoisier-nak a tömeg megmaradásáról és az oxidációról szóló elmélete a flogiszonelméletet és az alkímiát is „nyugdíjba küldte”. A kémiatörténet egyik leghosszabb, tévképzetekkel teli időszaka zárult le. Nem is olyan régen.

A történeti sav-bázis elméletek rész elég terjedelmesen ismerteti a savakról és bázisokról alkotott elképzelések fejlődését. A sav és bázis szavak etimológiájától indulva megismerhetjük Boyle lakmusz indikátor használatát (piros = savas, kék = lúgos) oldatok esetében, Lavoisier sóképződésről alkotott elképzeléseit (savak és bázisok kombinációiból sóoldatok képződnek: kénsavból szulfátok, foszforsavból foszfátok stb.) és a sav-bázis kombinációs rendszer felfedezését. A szerzők ezután Davy elméleteivel foglalkoznak, aki 36 évvel Scheele után fedezte fel a klórt és tisztázta a sósav és klór közötti pontos kapcsolatot, illetve, hogy a hidrogéntartalmú savak fő összetevője a hidrogén(ion), ettől viselkednek savként. Liebig mellett nem maradhatnak ki a hétköznapi kémiaoktatásban használt sav-bázis elméletek megalkotói sem: Svante August Arrhenius és Johannes Nicolaus

Brönsted, meg persze Thomas Martin Lowry sem. A szerzők utalnak továbbá Lewis-, Pearson- és Uszanovics-féle sav-bázis elméletekre is, bár ezek kevésbé hangsúlyosak a magyar kémiaoktatásban.

A „horror vacui” elvről Hans-Dieter Barke a vele készített interjúbán [2] is említést tesz. Ez szerinte egy nagyon fontos elmélet volt a kémia fejlődésében. Ehhez kapcsolódik kedvenc Torricelli-kísérlete is 1648-ból.

Az atomok és az anyagok szerkezete című alfejezetben a „nem folytonos anyagról” és a „folytonos anyagról” szóló elméleteket tekinthetjük át. Izgalmas kérdés lehet akár egy emelt szintű érettségire készülő diák számára is, hogy a nátrium-klorid (NaCl) kristályrácsában (Fig. 1.5) a rácspontok között mi van. Levegő? Légüres tér? Semmi?

Ennél a résznél az ehhez hasonló képzetek/tévképzetek kialakulásával és az ezekkel kapcsolatos történeti párhuzamokkal foglalkoznak a szerzők és a fejezet végén azt javasolják, hogy amikor a történelem során is kialakult tévképzetek és tudományos hibák kijavítására vállalkozunk, akkor nem árt, ha az intelligens tudósok anyagszerkezeti ismereteinek évszázados tapasztalatait alapul véve állunk neki, hogy tisztázzuk diákjaink fejében a problémás elképzeléseket. Nagyon fontos az anyagszerkezeti modellek használata az oktatás során, illetve, hogy először a történeti ismereteket adjuk át diákjainknak, és csak utána kezdjünk bele a modern elképzelések tanításába.

A 2. fejezet a tanulói tévképzetekről és azok korrekciójáról szól. Ez egy nagyon érdekes téma, és hiánypótló is egyben. Nem elhanyagolható az a tény, hogy nem csak az általános és középiskolai diákok, hanem sokszor maguk a tanárok is hordoznak magukban tévképzeteket, naiv elméleteket. Ezek korrekciója legtöbbször elmarad és maguk a tanárok „örökítik” tovább tévképzeteiket akár generációkon keresztül. Ezen felül sajnos a nem megfelelően elkészített modellek, nem megfelelő tanítási módszerek, gondo-

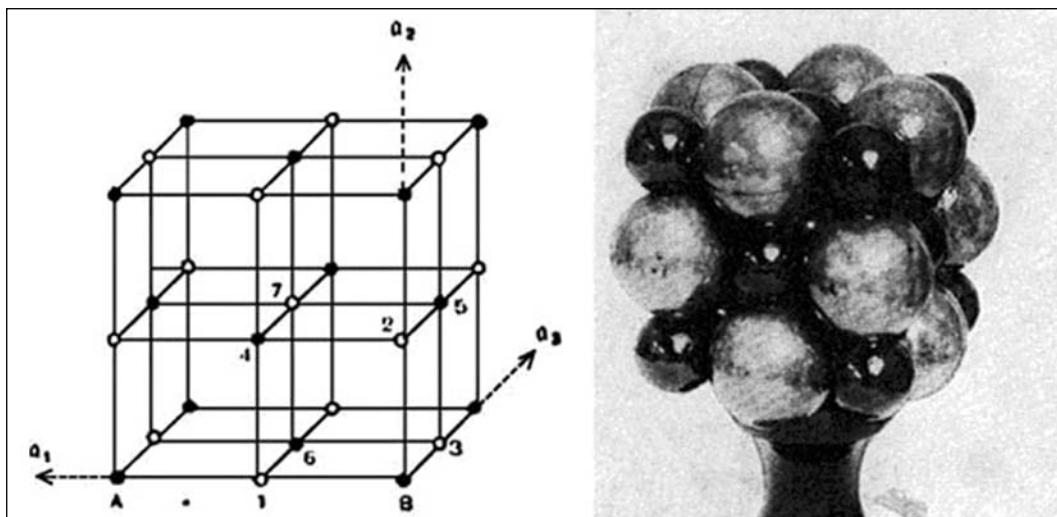


Fig. 1.5
Anyagszerkezeti modellek, a nátrium-klorid kristályrácsa

lati párhuzamok „iskola-gyártotta” (Dr. Ludányi Lajos szóhasználatával: „didaktogén” [3]) tévképzetek kialakítására alkalmasak. A szerzők úgy vélik, hogy minden természettudományos tárgyat oktató tanárnak ismernie kellene a tanulói prekonceptiókat, a történelmi tévedéseket. A tanároknak naprakészen helyes szerkezeti modelleket, az új technológiákon alapuló módszereket, bizonyító kísérleteket kellene ismerniük, alkalmazniuk és új, alternatív stratégiákat kellene kidolgozniuk a leckék minél jobb átadására céljából.

A tanulói prekonceptiók, vagyis a diákok saját maguk által kifejlesztett elképzelései általában hétköznapi megfigyeléseken, félreértéseken alapulnak. Az ókori kutatók esetében is a megfigyelés erejéről és a logikáról beszélhetünk. Ezért ezek a prekonceptiók sűrűn egybeesnek az ókori gondolkozók elképzeléseivel.

Ilyen prekonceptiók szólhatnak a Nap és Föld kapcsolatáról, a pocsolyát felszippantották a napsugarak, a faanyag a fából van, az pedig talajból származik stb. Napunk és Földünk kapcsolatában előkerül Ptolemaiosz geocentrikus világképe a gyermeki fejben, hiszen ez egy megfigyelésen alapul. Viszont a kopernikuszi helio-

centrikus világkép aligha fordul meg a gyerek fejében. Legjobb módszer lehet ebben az esetben a probléma tisztázása érdekében a tanár és a tanuló számára elérhető legmodernebb technológia használata, például egy planetárium meglátogatása.

A második alfejezetben (2.2) a didaktogén tévképzetekről van szó; a szerzők elsőként a sókristályok modelljeit említik meg. Hans-Dieter Barke sokat foglalkozott az anyagok szerkezetével és különösen érdekelt a sókristályok anyagszerkezete. A kémiai kötések tanítása és a sókristályrácsáról szóló téma szerinte eléggé összefügg. Lényeges kérdés lehet, hogy melyiket tanítjuk előbb. Ha több diák arra a kérdésre, hogy „Milyen részecskék vannak abban az ásványvízben, amely kalcium-kloridot is tartalmaz?”, azt válaszolja, hogy „Cl-Ca-Cl molekulák”, akkor nem árt tudni, hogy ezt a tévképzetet a tanulás során, az iskolában szerezték.

A szerzők következő lehetséges problémaként a fizikai folyamatok és a kémiai reakciók egymástól külön történő tárgyalását róják fel lehetséges hibaforrásként. Példának a nátrium-hidroxid oldódását hozzák, melynek során az oldódáskor hó termelődik, megnő az oldat

elektromos vezetése, és a pH-értéke is magasra nő. Egy kezdő számára ez jelentheti azt, hogy ez egy exoterm kémiai folyamat, amiben ugye hő keletkezett, az áramvezetés és a pH-növekedés pedig egy új anyag keletkezésére utal. A szerzők ezen a példán keresztül szeretnék érzékelteni, hogy a kémiai és fizikai változások nem lehetnek egymástól külön tárgyalva. A „mi mindig így csináltuk” nem lehet a rossz rutin folytatásának indoka! Különböztet az iskolákban tradícióvá tesszük az „iskolagyártotta” tévképzetek kialakítását.

A harmadik alfejezetben (2.3) a tanulói elképzelések és a tudományos nyelvezet kapcsolatáról olvashatunk egy érdekes összefoglalót. A szerzők kiemelik a tanulási folyamat során az ismétlés, rögzítés, lehorgonyzás fontosságát, hangsúlyozzák, hogy a diákok a mindennapi életben csak a szleng szavakkal és a mindennapi szóhasználattal találkozhatnak. Számukra érdekes és szokatlan lehet a tudományos nyelvhasználat, hogy egyes szavak mást jelentenek, mint a hétköznapi jelentésük. Logikai konfliktusok jöhetnek létre a tudományos és a hétköznapi fogalmak között: tömegmaradás – „elfogyott az üzemanyag”. Fontos, hogy a tanuló kritikus legyen a hétköznapi életben előforduló állításokkal szemben! Ezt a képességét ki kell alakítani, fejleszteni kell, de ennek során a társadalmi hatásokat és a média hatását is figyelembe kell venni. Fontos, hogy a megfelelő terminológiát elsajátítsa, és jól használja a természettudományos nyelvezetet. Nem szabad lemenni a diákok nyelvi szintjére, mert akkor nem várhatunk fejlődést. Túlzott egyszerűsítésekkel csak érthetlenné tesszük számukra a kémiát és ellehetetlenítjük a komolyabb, összetettebb fogalmak, folyamatok, kísérletek megértését. Johnstone után a szerzők három gondolkodási szintet javasolnak a kémiai ismeretek tárgyalása során: makroszkopikus szint (minden, ami látható, érinthető, szagolható), szubmikroszkopikus szint (atomok, ionok, molekulák, kémiai szerkezetek), reprezentációs/szimbólum szint (szimbólumok,

formulák/képletek, egyenletek, molaritás, táblázatok, grafikonok). Az „edzett” kémikus megtalálja a három szint közötti egyensúlyt, de egy kezdő tanuló még nem. Ők leggyakrabban a makroszkopikus szintet és a szubmikroszkopikus szintet keverik. Ötletlenek, de általában rossz úton járnak. Mivel a szimbolikus szint a legelvontabb, ezért ez lehet a kémia megértésének legnagyobb akadálya.

A negyedik alfejezetben (2.4) effektív stratégiákat mutatnak be a szerzők a tanítás és tanulás folyamatához. Kiemelik, hogy a diákok visszatérnek a korábbi elképzeléseikhez, ha nem volt számukra meggyőző a tanár állítása. Sajnos ezt a tanár nem feltétlenül veszi észre, mert a diákok tudják, hogy tőlük a tanárok mit várnak el, és eszerint adják vissza az elvárt ismereteket, még ha nem is értenek ezzel egyet. Azok az órák, amelyek nem illeszkednek a diákok korábbi tudásába, a témazáró dolgozat után elfelejtődnek, nem rögzülnek. Fontos, hogy a diákok kimondják, kifejezzék a gondolataikat, prekoncepcióikat az órán. Ha a diákok el tudjuk bizonytalanítani a saját elképzelését illetően, csak akkor tudjuk elfogadtatni vele az övével ellenkező magyarázatot. Új kognitív struktúrát hozhatunk így létre. A tanítási folyamat során nagyon fontos, hogy a diákok legyenek saját elképzelései, tapasztalatai, lásson ettől eltérőt is. Ismerjük fel és távolítsuk el a lehetséges tévképzeteket. Elfogadható magyarázatot adjunk a tanulóknak! A fejezetben ezeken kívül még a konstruktív elképzelésekkel, a fogalmi fejlődéssel és a fogalmi váltással kapcsolatos ismeretekre tehetünk szert. A szerzők a tanárokat amolyan „tanulási doktorokként” ábrázolják, a tévképzeteket pedig, mint egy „betegséget”, amit először diagnosztizálni kell, majd gyógyítani, úgy, hogy közben a „beteg” (=tanuló) ne sérüljön maradandóan. A kezelés szempontjából minden eset más, ezáltal egyedi, mert eltérőek a „körelőzmények” (=korábban szerzett tudás, tudásszerkezet).

Két hipotézist vizsgált meg Barke és Oetken: „Melyik a jobb: ha előbb a tévképzet(ke)t beszélik meg a diákokkal, majd utána tanítják a tudományos elképzeléseket; vagy ha fordítva teszik mindezt?”

Az Oetken-féle csoport először a tévképzetek megbeszélésével kezdte a tanítást. Égést vizsgáltak, melynek során a lángot figyelték és úgy tűnt, hogy valami távozott a levegőbe és eltűnt az anyagból. Ezután a kognitív konfliktus módszerével éltek és megtanították a tömegmaradás törvényét, majd ezt megerősítendő, zárt égésterben égették el a faszenet analitikai mérlegen. Először megvizsgálták a tévképzetet, összehasonlították a másik kísérlettel, megkeresték, hol a hiba és kielemezték. A diákok éltek az ötlettel, hogy a szén és oxigén reakciójában keletkezett egy gáz, amit szén-dioxidnak feltételeztek. Kipróbálták, hogy mi történik, ha $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -

oldatba vezetik a keletkezett gázt. A teszt pozitív lett, tehát a gáz valóban CO_2 volt. Ezután megbeszélték, hogy azok az állítások, hogy „valami eltűnt”, „az égés megsemmisítette az anyagot, mert a tömege kisebb, mint az égetés előtt”, nem helyesek.

A Barke-féle csoport pont fordítva dolgozott: a sók kristályrácsával kapcsolatosan a diákok először az ismert természettudományos elképzelést tanulták meg, utána pedig a tévképzeteket ismerték meg. Ez a hipotézis bizonyult sikereesebbnek a tévképzetek megelőzésében. Tehát a szerzők ezt a stratégiát javasolják követni a tanítás során. A legtöbb magyar általános és középiskolai tankönyvben nem találunk tévképzeteket.

A 2.4. alfejezetben bemutatásra kerül a Barke és Sileshi által létrehozott „tetraédes ZPD (Fig. 2.4) (Zone of Proximal Development

Tanulói tévképzetek és korrekciók

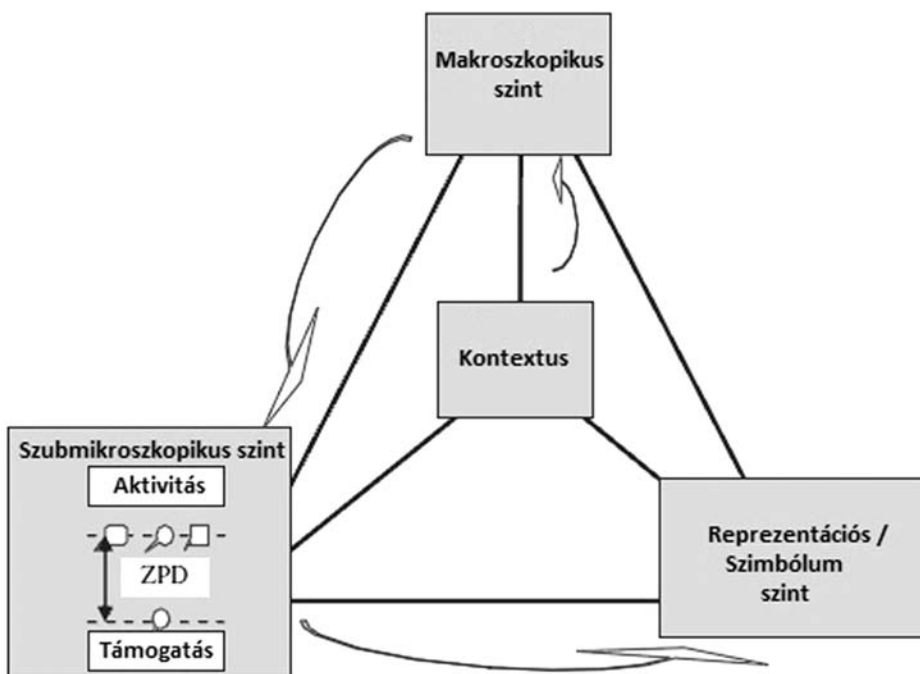


Fig. 2.4
Tetraédes ZPD

= A közelebbi fejlődés területe)”, ami a kémia-oktatás metaforája lehet, mint egy másik lehetséges tanulási keret a tanulók tévképzeteinek megelőzéséhez.

Mit tanult meg valójában a diák? Sileshi és Barke empirikus vizsgálatáról olvashatunk. Szerintük a középiskolás diákok a kémiai egyenleteket csak memorizálják megértés nélkül. Nem gondolkodnak modellekben és nem fejlesztenek mentális modelleket az anyag szerkezetének megértése során. A vizsgálat során a tetraédes-ZPD módszerrel tanított diákok sokkal jobban teljesítettek az utómérések alkalmával, mint a kontrollcsoport diákjai, akiket hagyományos módszerekkel oktattak. A tetraédes-ZPD módszeren alapuló új oktatási anyag alapján oktatott diákok körében kevesebb tévképzetet tapasztaltak az anyag szerkezetére vonatkozóan, mint a kontrollcsoport diákjainál.

A harmadik fejezet az anyagok és a tulajdonságok kapcsolatának vizsgálatáról szól. A kémia fő feladatának tekintik, hogy a tanulók hétköznapi természettudományos tapasztalatait segítsen megérteni és feldolgozni. Ismerjék fel a tanulók, hogy mi is történik valójában a természetben. Az összes kémiatankönyvnek, tanári kézikönyvnek és egyéb segédanyagoknak ennek a célnak az elérését kell segítenie.

Mivel a diákok nem ismerik az összes természettudományos elképzelést, ezért elég gyakran saját ötleteket gyártanak, hogy egy jelenséget meg tudjanak érteni, magyarázni. Ilyenek a „napsugarak felszippantják a pocsolját”, „az égő anyag tömege csökken az égés során” (lásd 2.1. alfejezet). A tanároknak számolniuk kell a tévképzetek kialakulásával az alábbi területeken:

- animált, mágikus beszédmód.
- az átváltozás/átváltoztatás elképzelése,
- keverhetőség elképzelése.
- az anyag elpusztíthatóságára vonatkozó elképzelés.
- az égésről alkotott elképzelések.
- a gázoknak nem anyagokként történő jellemzése.

Ha a tanárok ismerik a diákok lehetséges előzetes elképzeléseit a fenti témakörökben, akkor könnyebben tudnak ezeknek a megbeszélésére, kísérletekkel való megmagyarázására, az esetleges már kialakult tévképzetek korrekciójára vállalkozni. A részecske szint tárgyalása nélkül is van lehetőség erre. Az animált, mágikus beszédmód során olyan mondatokkal találkozhatunk, mint „a fa nem fog égni”, „a láng ki fog aludni”, „a láng felfalja a gyertyát”, „a savak megtámadják, megeszik a fémeket”, „a rozsdá megzabálja az autó alvázat”. A tanulók gyakran társítják a tapasztalataikat egyszerű analógiákkal, egyesek a személyes tapasztalataikat is belefoglalhatják, például: a nátrium úgy reagál a vízzel, „mint egy szénsavas pezsgőtabletta”. Az animizmus segítheti a jobb megértést, tartós motiváció figyelhető meg. Hátránya, hogy a mindennapi nyelvezetet használja, mindenki megérti és senki sem gondolná, hogy hibás is lehet. Fontos, hogy ezekben a mondatokban tulajdonképpen úgy beszélünk, mintha egy fának vagy fémnek „saját akarata lenne”. Viszont ez azt is jelenthetné, hogy a fát egyszer könnyebb lenne begyűjtani, egyszer pedig nehezebb. Ami valóban előfordulhat, de ez külső tényezőktől függ, nem pedig a fa saját akaratától. Azonos külső tényezők esetén ugyanolyan „nehéz” begyűjtani a fát. Viszont ha az ember akarja és a fa nem akarja, akkor sem kérdés, hogy a fa bizony égni fog.

Az átalakíthatóságról és átalakulásokról alkotott előzetes elképzelések érdekesekek. Például a „rézből készült tető zöld színűvé válik”, „az ezüst tárgy megfeketedik”, „a vas állás után rozsdás lesz”, „a víz pirossá válik”. Ugyanaz az anyag új tulajdonságot vesz fel. Olyan, mintha az anyagok a tulajdonságokra nézve egy lehetséges karriert futnának be. A réz ez esetben lehet vörösesbarna meg zöld színű is, a vas lehet szürkés meg rozsdabarna is. Az ókori őselemekről szóló elmélettől az alkímiáig sok tudós foglalkozott az átváltoztatással és átváltozással. A mindennapi nyelv is befolyással lehet a tanu-

lók szóhasználatára, például a tojás főzésekor készíthetünk lágy- és keménytojást is, a steak is lehet nyers, félig átsütött, jól átsütött. A tulajdonságok elvesztése sem ingatja meg a tanulókat abban, hogy az anyag megmaradt, mert úgy gondolkoznak, hogy az eredeti anyag megmaradt, csak elvesztett pár tulajdonságot. Nehéz hétköznapi példákkal az új anyag keletkezését elmagyarázni, laboratóriumi példákat könnyebb hozni a tanulóknak. Az új anyagok képződésének és a kémiai reakcióknak a megértését segítik a keverékekről alkotott elképzelések.

A keverhetőséggel kapcsolatos előzetes tanulói elképzeléseknél a korrekcióhoz javasolt kísérlet a rézpor és a kénpor keverékének szétválasztása. A rézport – szemcseméret szerint – akár csipesszel is el lehet választani a kénportól, vagy szén-diszulfidban (a legtöbb iskolában nincs!) oldva a keveréket a réz nem oldódik, a kén viszont kitérően. Hevítve a réz és a kén egymással réz-szulfidot képez. Színváltozás figyelhető meg. A réz eredeti vörösesbarna színe és a kén sárga színe eltűnik, a keletkező réz-szulfid fekete színű lesz.

Úgy gondolom, hogy ezen verifikáló kísérlet helyett jobb lenne – minden általános és középiskolában elvégezhető – a vaspor-kénpor keverék vizsgálata. A vaspor-kénpor keveréket egy papírlapra vagy Petri-csészébe helyezve, alulról egy mágnessel szétválasztható a vaspor a kénportól (és a mágnes se lesz vasporos). A vaspor és kénpor keverékének hevítésekor keletkező vas-szulfid már nem mágnesezhető. A biztonság kedvéért tiszta („puris”) vas-szulfidot is vigyünk be a mágnesezhetőség elvesztésének bizonyítására, mert ha az égés során marad el nem reagált vas, akkor sajnos mágnesezhető marad az égetett keverék [4].

Az elpusztíthatóságról alkotott elképzeléseknél a következő mondatokkal találkozhatunk: „a fa elszenesedik”, „a szén elhamvad”, „a gázolaj teljesen elég”, „a vas elrozsdásodik”, „a víz elpárolog”, „a maradványok elpusztulnak”.

Fontos számolnunk a hétköznapi nyelvezet befolyásával és a média hatásával is! A tanulók

úgy gondolkozhatnak, hogy ha a víz elpárologott, akkor többé már nincs. Nagyon fontos a preconcepciók megtárgyalása után leszögezni még egyszer a tömegmaradást. Ezután rávezethetjük a diákokat, hogy az anyag nem semmisül meg, a víz elpárolog, de attól még nem semmisült meg, csak vízpára lett belőle és megnőtt a levegő páratartalma. A víz nem csak 100°C-on párolgatható, és ezt sem árt megbeszélni a diákokkal.

A tanulók égésről alkotott elképzeléseiben a flogisztonelmélet jelenhet meg. Itt is meg kell először beszélni a diákok preconcepcióit, majd utána tisztázni az égés pontos folyamatát. Természetesen többféle feladattal mérhetjük le, hogy mennyire értették meg. A fejezet végén több verifikáló kísérletet ismertetnek a szerzők.

A negyedik fejezet az anyagok részecske szintű szerkezetéről és a tanulók térszemléletéről szól. A részecskeszemlélet alapvető előnyöket is tartalmaz, de sok nehézséget is okozhat a diákoknak. A szerzők autómódellezéshez hasonlítják a kémia anyagszerkezeti modelljeit. Az autómódellezésnél is láthatók az alkatrészek. A kémiai részecskemodellek célja is az, hogy láthatóvá tegyünk az egyébként nem látható részeket: a kémiai részecskéket (atomokat, ionokat, molekulákat), kötéseket és a kémiai részecskék térszerkezetét. Az absztrakt modellek létrehozásánál elegendő, ha csak a lényeges részletekre figyelünk oda. A részecske szint bevezetésekor ne siessünk. A kezdők lassúak és sok kérdésük van, a saját elképzeléseikből építgetik a saját modelljeiket. Még ha az anyag szerkezetét jól át is beszéljük, akkor sem biztos, hogy az összes diák minden anyagra elfogadja és használni is fogja. A részecskeszemlélet bemutatása nehéz és az is marad, nem lehet mesterré lenni néhány óra alatt. Sok tanári segítség kell hozzá. A konkrét modelleket mindig össze kell hasonlítani a valósággal. Hiszen a modell nem lehet minden szempontból tökéletes.

Arisztotelész, Demokritosz, Kepler nyomdokait járva vezetik be a kezdőket az alapvető ismeretekbe a szerzők. Kepler hópihéjének is-

meretésekor a diákok azt gondolhatják, hogy az oktaéderez szerkezet lehet a természet stratégiája a kristályosodás terén, és ebből általánosíthatnak minden kristályra, például a timsókristályokra. A modelleken általában vannak irreleváns részek (például színek, más ragasztó, más méret). Ez különböző modelleken eltérő lehet. Erre is fel kell hívni a tanulók figyelmét! Megbeszélendő témakörök az anyag halmazállapotának változásai, oldatok képződése, diffúzió, extrakció, desztilláció. Javasolt haladási sorrend: először mutassuk be a modellt és beszéljük át a hozzá kapcsolódó ismereteket, aztán végezzük el a kísérleteket. A szerzők szerint nagyon fontos, hogy kerüljük az ötvözetek említését az anyagszerkezeti ismeretek tanításánál, és az egyesülési reakciók bevezetésénél. Ezek megértéséhez szükséges lehet már a Dalton-féle atomszerkezeti modell is. A redoxireakciókat se tanítsuk itt, mert ezek megértéséhez is szükséges az atommodell részletes ismerete.

A kémia tanítását először kísérletekkel kell kezdeni és tapasztalatokat gyűjteni a diákokkal, és csak később tanítani számukra anyagszerkezeti modelleket három- és kétdimenziós modellek segítségével. Konkrét és mentális modellek használata is ajánlott. Erre egy érdekes módszert mutatnak be az ezüstkristály olvadásának szemléltetéséhez. Ez a módszer konkrét és mentális modellezést is igényel, viszont a halmazállapotváltozást jól lehet magyarázni a segítségével. Pfundt anyagszerkezeti modelljében nem gömböket használt, hanem kockákat, hogy azt lássák a diákok, hogy nincs üresség. A tanulók legalább 50%-a szerint az anyag folytonos, ők sajnos a „horror vacui”-elv áldozatai.

A részecskék formációinak térszemléleti vizsgálata elég érdekes és ezzel kapcsolatban már magyar nyelvű cikk is jelent meg [5]. A tanulók térlátásáról is szó van, illetve elsősorban az ennek vizsgálatához használható feladatokat olvashatunk.

A fejezet végén ismét rávezető, elbizonytalanító, illetve verifikáló kísérletek részletes leírását találhatjuk meg.

Az ötödik fejezet az anyagszerkezet és az anyagok tulajdonságainak összefüggéseiről, kapcsolatairól szól. A szerzők nagyon szépen kidolgozták ezt a témakört, és érdekes vizsgálatokról, modellekről, mentális modellekről és kísérletekről olvashatunk itt. A fémek és az ötvözetek anyagszerkezeti tárgyalásával indítanak a szerzők. Néhány érdekes tévképzet: „a vasatomok erősek/kemények, az ólomatomok gyengék/puhák, az aranyatomok sárga színűek”, amelyek kialakulását elkerülhetjük, ha úgy kezdjük az anyagszerkezeti ismeretek tanítását, hogy például: „a grafit és gyémánt is ugyanúgy szénatomokból áll, ellenben a tulajdonságaikban eltérőek. Tehát az egyes szénatomoknak nincs saját tulajdonságuk, mint szín, keménység, sűrűség, csak az általuk felépített anyagi halmaznak lesz.” A szerzők a fémek kristályait (például ezüstkristályok elektrolízis közben) és a sók kristályszerkezetét tárgyalják, részletesen ismertetve a lehetséges rácsszerkezeteket. Majd történeti példát is állítanak elénk a rács lehetséges tökéletesítésére, a vas kovácsolásának történetét, amikor is a vöröstre ízított vasat (γ -vas) kovácsolták a szerkezeti hibák kijavítása céljából, majd hirtelen lehűtve (α -vas) ismét kemény lett. Persze ennél keményebb vasat csak a vaszén ötvözet széntartalmának 2 százalék alá csökkentésével érhetnek el, ezt nevezzük acélnak. A továbbiakban az ionok létezését és a sók szerkezetét tárgyalja a fejezet. A tévképzetek mindenhol jelen vannak a világban, erre az egyik bizonyíték, hogy többek között oroszországi diákokkal is végeztek vizsgálatokat: Viktor Davydow a Herzen Pedagógiai Egyetemről azt gondolta, hogy az orosz diákok eredményesebbek lehetnek a kérdések megválaszolásában. Azt állapították meg a tesztek során, hogy ugyanolyan tévképzeteik vannak az orosz diákoknak, mint a német diákoknak.

A szerzők tanítási javaslata egy új periódusos rendszer (PSE = Periodic System of Elements, Fig. 5.10) ábrázolási módszer az atomok és ionok számára. A többféle iont képezni tudó

atomoknál is csak 1 lehetséges iont tüntettek fel, viszont az jól látszik, hogy a kationok általában kisebbek, mint az atomjaik, az anionok viszont nagyobbak, mint az atomjaik. A szaggatott vonalon pedig a félfémek szerepelnek.

A továbbiakban a só kristályrácsával és az ionkötés mentális modelljeivel ismerkedhetünk meg. A könyvben minden fejezethez tartoznak (általában a fejezet végén) képregények, amelyek a lehetséges tévképzetek szerepelnek egy-egy, a fejezetekben tárgyalt kérdéssel kapcsolatban (Fig. 5.15).

A fejezet végén ismét kísérleteket találunk, de ezek inkább mentális modellek megalkotásáról és használatáról szólnak, mintsem elvégzendő laboratóriumi kísérletek lennének.

A hatodik fejezetben a szerzők a kémiai egyensúllyal foglalkoznak. A fejezet elején egy

10 problémafeladatos empirikus kutatást mutatnak be; a feladatok között egyszerű választásos feladat és indoklást igénylő feladatok is vannak. Minden eredményt oszlopgrafikonokkal értékelték ki. Általában a diákok körülbelül 1/3-a tudott helyes választ adni. A kérdésekben az egyensúlyi kémiai reakciókkal kapcsolatos kérdések között voltak az egyensúly eltolására, eltolódására vonatkozó kérdések is. A kutatók a Le Chatelier-Braun-elv ismeretét és helyes használatát is mérték.

A tanítási javaslatok között a szerzők több lehetséges módszert ismertetnek. Közöttük a dinamikus egyensúly tanításához használható „almaháborús” mentális modellt találtam a legérdekesebbnek és a diákokhoz közelállóan.

Az „almaháború” egy öregember és a szomszéd fiú között zajlik, ez egy modellkísérlet

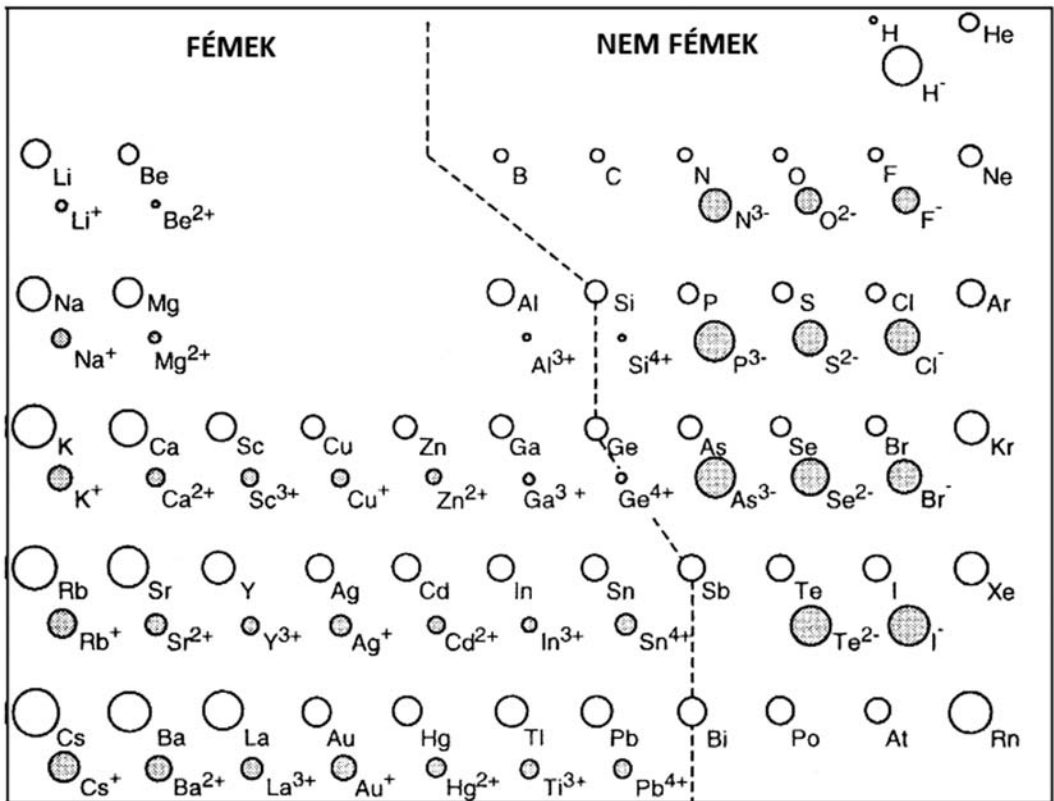


Fig. 5.10

PSE-ábrázolása az atomoknak és ionoknak, illetve a szférikus modelleknek

lehet a dinamikus egyensúly tanításához. A fiú úgy gondolja, hogy az ő kertjükbe lepotyogott rohadt almákat átdobálja a szomszéd öregúr kertjébe. A szomszéd ezt az ablakból észreveszi és reagál az eseményre, kimegy visszadobálni azokat a kertjéből, ahol már egyébként is sok alma van (nagy koncentráció). Ahol a fiú sietségében össze akarja gyűjteni a rossz almákat, ott kevés alma van (kis koncentráció). Az öregúr ugyanannyi almát gyűjt össze, mint a fiú és visszadobálja azokat. Végül hat almát dob át a fiú és ezzel egy időben hat repül vissza hozzá – a két kertben lévő különböző mennyiségű alma ellenére (eltérő koncentráció) beáll az egyensúly, mert egyik oldalon se nő az almák száma. (Fig. 6.4)

A hetedik fejezet a sav-bázis reakciókról szól. Mint tudjuk, a sav („acid”) kifejezést először Boyle használta a 17. században. Ezt a nevet azon anyagok kapták, amelyeknél megfi-

gyelte, hogy megváltoztatják egyes növényi kivonatok színét és feloldják a mészkövet. Glauber, Lavoisier, Liebig és Davy Arrhenius később továbbfejlesztették ezt a sav-bázis elméletet. 1923-ban Brønsted fejlesztette ki az első olyan sav-bázis elméletet, amiben a sav megnevezés nem anyagokat jelölt, hanem egy részecske reakcióban betöltött szerepére utalt. A további elméletek nem játszanak fontos szerepet jelenleg a közoktatásban, ezért ebben a könyvben sincsenek középpontban, de esetleg az emelt szintű érettségire készülő diákoknak érdemes pár szót ejteni Lewis, Pearson, Lux, Usanovich elméleteiről is.

A 7.2 alfejezetben a szerzők a sav-bázis elméletekből következő, azokkal kapcsolatos tévképzeteket gyűjtötték össze. Ezek többsége a tanítás során alakul ki, hiszen mi adjuk a diákok szájába azt a „nyelvezetet”, amit a kémiaórán

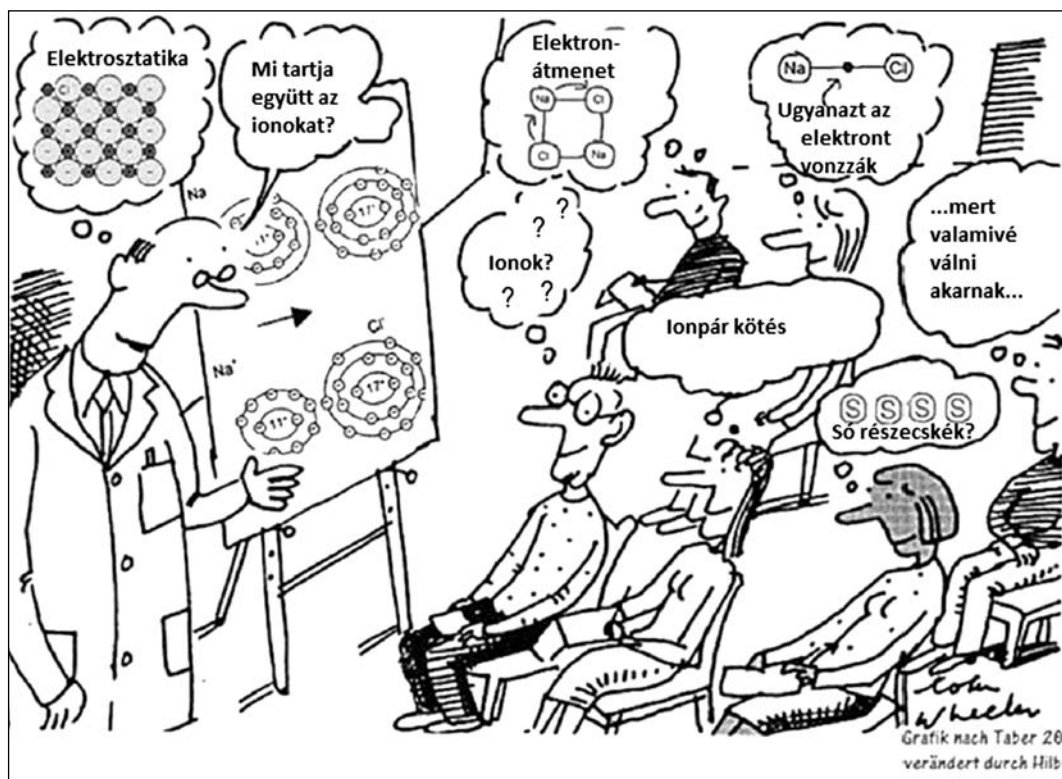


Fig. 5.15

Empirikus eredmények a tanulóknak az ionos kötéssel kapcsolatos tévképzeteinek kutatásából

használnak a savak és bázisok témakörben. Sebastian Musli kutatásáról olvashatunk, aki 100 német diáknak adott kérdőívet, hogy megtudja, mit tudnak, gondolnak a savakról és bázisokról. A kérdések között voltak a sav és bázis fogalmára, erősségére (gyenge sav – erős sav), a tiszta savak és savas oldatok közötti különbségekre, a közömbösítésre vonatkozó kérdések.

Megdöbbenően csak a savakat ruházták fel az „agresszív hatású” jelzővel, holott a bázisokra ez éppúgy igaz. „A savak megeszik”, „a savak elpusztítják”, „az ecetsav egy pusztító és veszélyes anyag a kémiában”, „nem használják a normális mindennapi életben.”

Hasonló állításokat találhatunk Barker kutatásában is. „A sav valami olyan, ami »megeszi« az anyagot vagy ami téged meg tud égetni; egy sav tesztelhető, ha megpróbálunk »megetetni« vele valamilyen anyagot, a különbség az erős és gyenge savak között az, hogy milyen gyorsan eszik meg az anyagot”. Barker úgy kommentálta ezeket a tanulói állításokat, hogy „nem használták a részecskeszemléletet; a tanulók állításai

leíró jellegűek, a folyamatos, nem-részecskéből álló sav és bázis modellt hangsúlyozva, néhány aktív, emberi cselekvéssel felruházva ezeket, úgymint »a sav valami olyan, ami 'megeszi' az anyagot« (...).”

Arra a kérdésre válaszolva, hogy „Mit értünk a sav vagy bázis fogalmán?”, a legtöbb diák a pH-értékkel válaszol: „a savaknak alacsony a pH-értéke”. Eltérő válaszokat is kaphatunk, például: „a sav kitaróan mar”, „a sav veszélyes”, „a sav sárga”, a „sav piros”, a „sav savanyú”. Ezeken kívül a válaszok sav-bázis elméleteket adnak vissza: 15%-ban Arrhenius („a sav hidrogénionokat tartalmaz”), 30%-ban Brønsted („a sav protont ad le”). Ezzel az a lehetséges gond, hogy visszaismételt tudás és nem biztos, hogy a diák érti is a savak fogalmát, és részecske szintű értelmezését. A sav szó többféle jelentésével Victor András is foglalkozott egyik cikkében [6]. Az alfejezet további részében a közömbösítésről, a pH-értékről, a gyenge-erős savakról és bázisokról szóló tévképzetekről tudhatunk meg érdekes információkat.

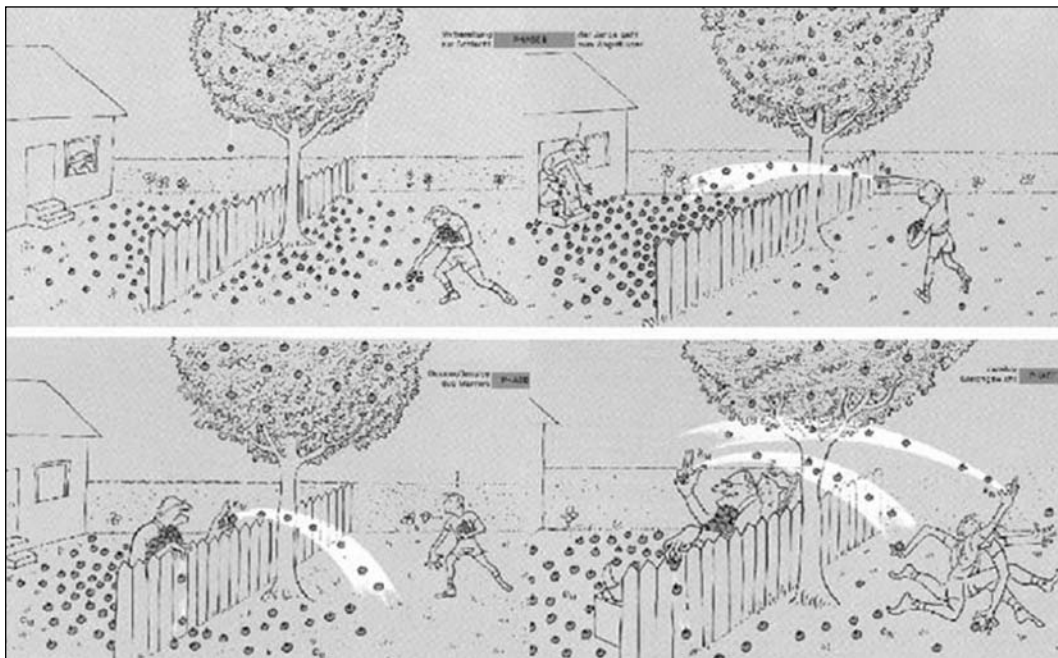


Fig. 6.4

Egy „almabótorú”, mint a dinamikus egyensúly mentális modellje

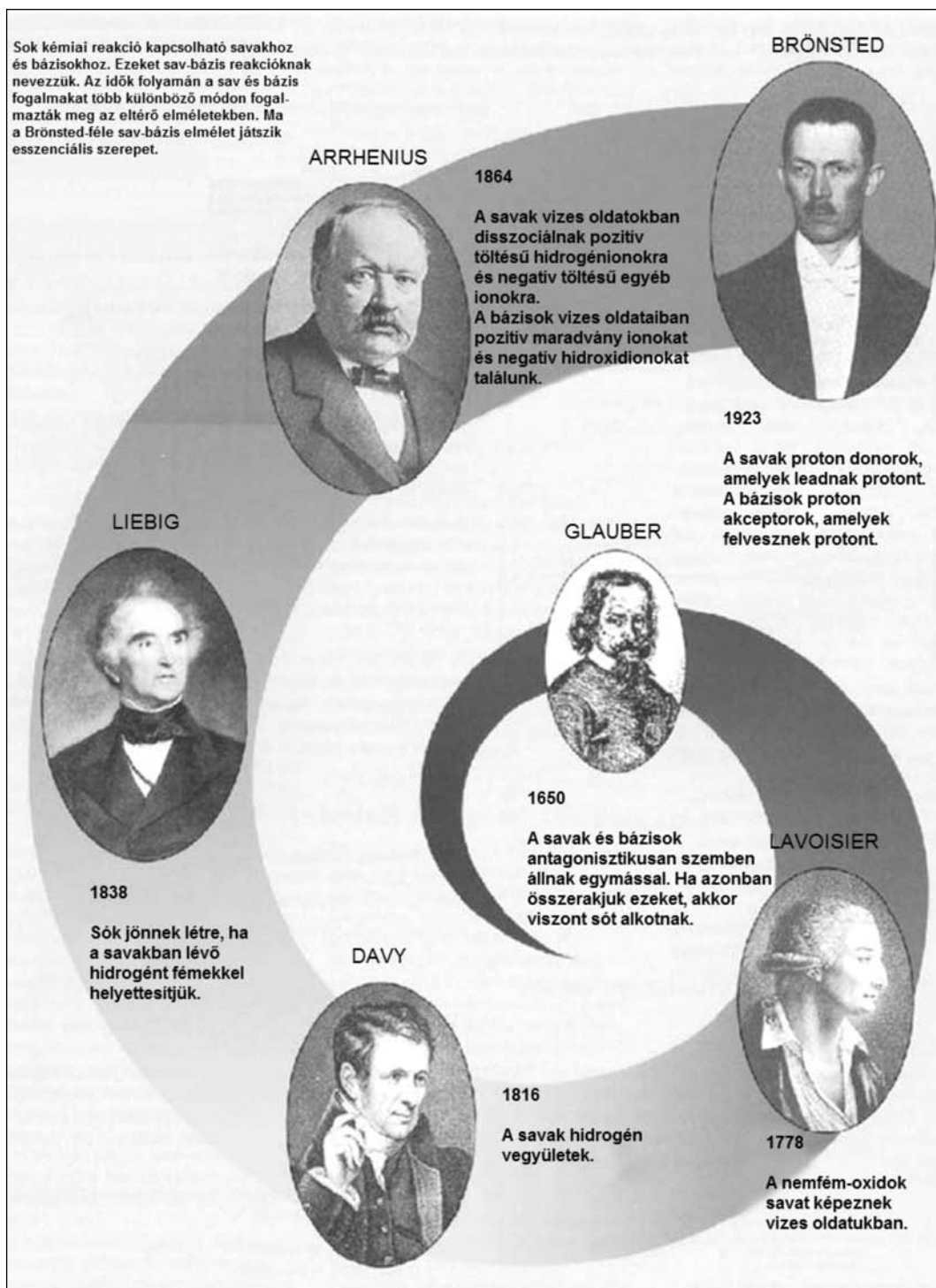


Fig. 7.2
Történeti sav-bázis elméletek

A 7.3-as alfejezetben tanítási javaslatokat olvashatunk. A szerzők azt javasolják, hogy induljunk ki a tapasztalati megfigyelésekből, majd szépen lassan vezessük be a részecskeszemléletet. Kezdetben a fejezet végén található kísérleteket végezzük el, majd pedig el kell döntenünk, hogy mi a legjobb stratégia: az Arrhenius-féle elmélet tanítása vagy a Brønsted-féle elméleté. Esetleg mindkettő tanítása a sav-bázis elmélet genetikus fejlődését bemutatva. (Fig. 7.2.) Erős savak és bázisok vizes oldatának elektromos vezetőképesség-mérése után bizonyíthatjuk, hogy a savak hidrogénionokat, a bázisok hidroxidionokat tartalmaznak. Ezen ionok létezésének bizonyítását követően elkezdhethetjük modellek rajzolását és hangsúlyozzuk azt, hogy az (aq) szimbólum azt jelenti, hogy ezek az ionok a hidratáció során teljesen szétválnak. (Fig. 7.10) Aztán a közömbösítést is elmagyarázhatjuk a modell segítségével. (Fig. 7.14.) Végül összehasonlíthatjuk a teljesen disszociáló erős sósavat és két gyenge savat. (Fig. 7.16)

A 8. fejezetben a redoxireakciók tárgyalásával folytatják a szerzők. A történeti áttekintésből természetesen nem maradhat ki Scheele „gyú-

lékony levegője”, Priestley „deflogisztionizált levegője” és Lavoisier „oxigénje”. Az oxigén felfedezése Scheele és Priestley, az elnevezése, az égés folyamatának tisztázása, Stahl flogisztionelméletének megdöntése Lavoisier pontos mérlegelésének és a tömegmaradás törvényének köszönhetően történt meg. 1897-ben Thomson felfedezte az elektronokat, ezt követően megváltozott az oxidáció és redukció értelmezése elektronleadásra és elektronfelvételre. Ezt követően, amikor bevezették az oxidációs számok fogalmát, akkor alakult ki a redoxireakciók harmadik definíciója.

A redoxireakciók értelmezését három különböző definíció alapján mutatják be:

Meghatározás	Oxidáció	Redukció
1.	Oxigénfelvétel	Oxigénleadás
2.	Elektronleadás	Elektronfelvétel
3.	Oxidációs szám növekedés	Oxidációs szám csökkenés

A továbbiakban a témához kapcsolódó nagyon bőséges kutatási anyagot, és a témában folytatott vizsgálatokat, empirikus kutatásokat ismerhetjük meg, többek között egy 10 problémafeladatot tartalmazó vizsgálat kiértékelését is. A fejezet végén pedig az elektrokémiai részt találhatjuk. Mentális modelleket láthatunk galváncellára, Leclanché-elemre és ólomakkumulátorra.

A kilencedik fejezet a komplex vegyületekről szól. A komplexkémia a kémia egyik sokat kutatott ága, melynek szerves, biokémiai és analitikai vonatkozásai is vannak. Az emelt szintű érettségizőknek nem árt, ha van fogalmuk

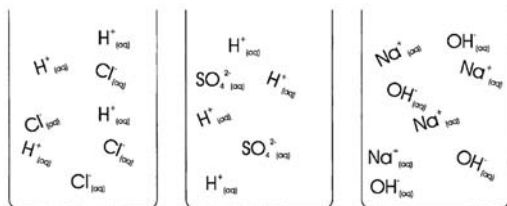


Fig. 7.10

Savas és lúgos oldatok mentális modelljei

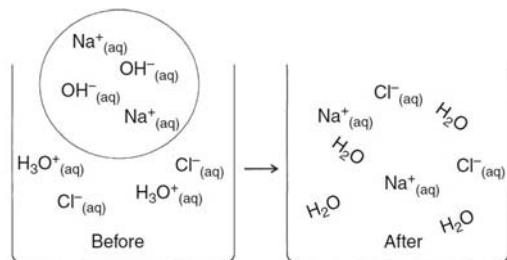


Fig. 7.14

A sósav nátrium-hidroxid oldattal történő semlegesítésének mentális modellje

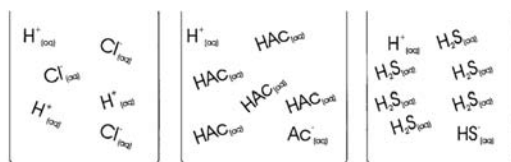
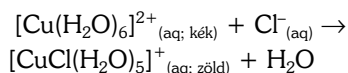


Fig. 7.16

Két gyengésav mentális modelljének összehasonlítása az erős sósavével

a komplexekről, hiszen a követelményrendszer tartalmazza ezen ismereteket, illetve egyes emelt szintű kémiai kísérletekben megfigyelhető a komplexképződés.

A komplexképződés a donor-akceptor reakciók harmadik típusa. Ha a világoskék réz-szulfát vizes oldatához tömény sósavat adunk, a kék színű oldat zöldre változik. A kék színű oldat komplexionokat tartalmaz, amit hexakvareéz(II)ionoknak nevezünk és a következő szimbólummal jelölünk: $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}_{(\text{aq})}$. A komplex szerkezete oktaéderez és a Cu^{2+} -iont központi ionnak nevezzük, a 6 H_2O molekulát pedig ligandumnak. A reakció során a komplex egyik ligandumja (vízmolekula) helyet cserél a kloridionnal.



Ha vizet adunk a zöld oldathoz, akkor a színe újra kék lesz, a [monokloro-pentakvareéz(II)]-komplexion eltűnik, és újra [hexakvareéz(II)]-komplexion jön létre. A kémiai egyensúly jelen van a komplexeknél is, ezért a különböző stabilitású komplexeknél figyelembe kell venni, és kiszámolható a stabilitási állandók segítségével. A réz akvakomplexionjai nem túl stabilak. A haladók már úgy írják fel, hogy $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}_{(\text{aq})}$, mert négy vízmolekula hoz létre viszonylag stabil szerkezetet a réz(II)-ion körül, esetleg használhatják a $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}_{(\text{aq})}$ felírást is, mert további két vízmolekulával torz oktaéder képződhet a réz(II)-ion körül...

Többféle kémiával kapcsolatos könyvet is megnézhetünk, ahol a szerzők átlagosan 10–20 oldalon át foglalkoznak a komplexek bemutatásával, kiemelve az ezüst-, réz-, alumínium- és kobaltionokat, mint központi ionokat; a víz- és ammóniamolekulákat, illetve a kloridiont, mint ligandumokat.

A fejezet további részeiben a komplexekkel kapcsolatos tévképzetek vizsgálatáról olvashatunk. Főiskolás hallgatók körében végzett felmérések eredményei azt mutatták, hogy nagyon rosszak a hallgatók komplex reakciókra

vonatkozó ismeretei, nagyon kevés memorizált formulát tudnak visszaidézni az felsőfokú tanulmányaikból, de semelyikben nem jelenik meg a komplex részecskékre vonatkozó mentális modellek egyike sem.

A hallgatók látták a szögletes zárójelbe tett szimbólumokat, mint például a $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, de elképzelni nem tudták, valódi ötleteik nem voltak arra vonatkozóan, hogy ezek a komplex részecskék léteznek, és a szilárd, kék színű réz(II)-szulfát kristályban vagy ennek oldatában hogyan rendeződnek el. A hallgatók látták a komplex formulákat a szilárd alumínium-hidroxid oldódásánál – jól ismert reakció! –, de nem tudták megérteni ezeket a képleteket.

Úgy tűnik, hogy egyenletek felírása nem elegendő a kémiaoktatásban: a makroszkopikus szintről a szimbólum szintre történő átmenet túl bonyolult. Ha bemutatjuk a szubmikroszkopikus szintet modellek rajzolásával, ahol az érintett molekulákat mutatjuk meg a tanulóknak, sokkal eredményesebbek lehetünk a mentális modellek kialakításában, a kognitív struktúrájukban és könnyebben emlékezni fognak a bemutatott összetett, komplex részecskékre.

A szerzők javasolják a molekula modellek 2D-s és 3D-s változatainak használatát az egyenletek felírása után. Vezessük be a koordinációs számot és a komplex stabilitási állandókat. Utána rajzoljunk mentális modelleket a komplexionok vizes oldatokban való előfordulásáról. Ezt követően tanítsuk meg a komplex egyensúlyokat. Végül a diákok saját komplex struktúra elképzeléseit, preconcepcióit is megtekinthetjük, ami után érdemes történeti ismertetőt is csinálnunk (Jorgenson, Werner). Alakítsanak csoportokat és egy-egy korabeli kémikus bőrébe bújva, minden csoportból egy-egy tanuló védje meg a csoport elképzeléseit!

A tizedik és egyben utolsó fejezetre egy nagyon izgalmas témát hagytak, az energiát. Ahogy azt a fejezet bevezető részében említik: az „energia” egy olyan tapasztalat, ami száza-

dokon keresztül érdekelte az embereket, és többféle energia típust írtak le, úgymint helyzeti energia, kinetikai energia, hőenergia, fényenergia, elektromos energia, nukleáris energia vagy kémiai energia. A kétség megmaradt: „Van-e olyan elfogadható oktatási módszer az energia bemutatására, van-e olyan fogalom, ami egy-

részt a tanulók számára is elfogadható és nem ütközik a korábbi tapasztalataikkal, másrészt pedig a modern fizika és kémia is el tudja fogadni?” A szerzők Feynman szavaival válaszolnak Duit kérdésére: „Az fontos észrevennünk, hogy a modern fizikában mi nem is igazán tudjuk, hogy mi az energia valójában”. Mindazonáltal mi meg tudjuk határozni és mérni tudjuk az energiát. Történeti szempontból a mérés a hőenergiára vonatkozik, aminek a mértékegysége az 1 kalória (1cal).

1 kalória pedig az ahhoz szükséges energia nagysága, hogy 1 g 14,5°C-os vizet 15,5°C-ra melegítsünk, tehát 1°C-kal növeljük a hőmérsékletét. Az SI mértékegységrendszert használva 1967-től a Joule lett az energia mértékegysége, ahol 1 kalória = 4,18 J. Az energia nemvész el és nem is teremődik a semmiből. Általában csak átalakul egyik energiafajtából a másik energiafajtába. Mondjuk, hogy biciklizünk, akkor a dinamó a kerekek mozgása által megteremtelt mechanikai energiát elektromos energiává alakítja. Amikor felkapcsoljuk a lámpát, akkor a villanykörte az elektromos energiát hőenergiává és fényenergiává alakítja...

Olyan tévképzetekkel lehet itt számolni, hogy pl. „a nagyobb jégkocka hidegebb, mint

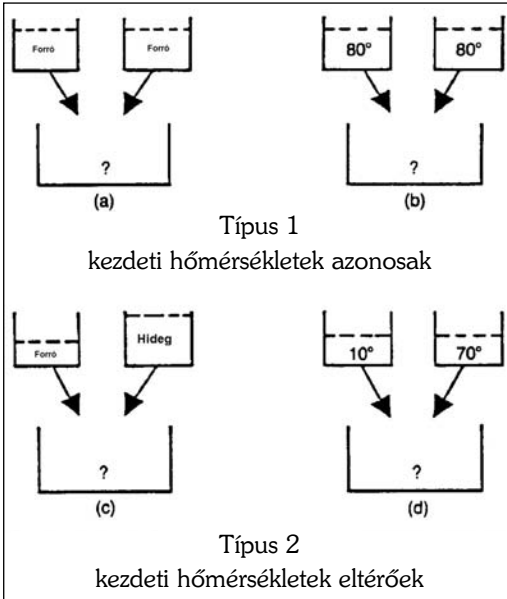


Fig. 10.1

Négy olyan vízkeveréses kérdés, amelyeknél szükséges kvalitatív és kvantitatív válaszadás is

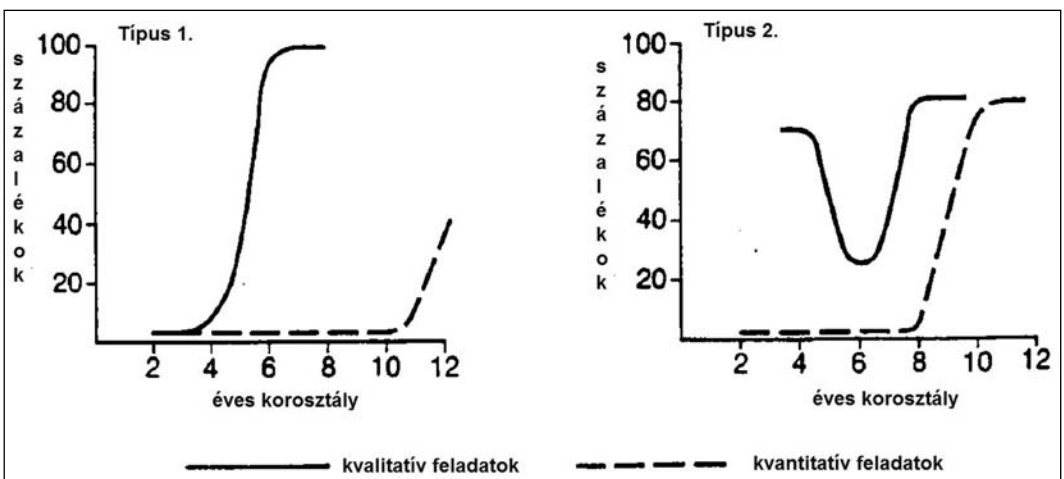


Fig. 10.2

A tanulók eredményessége a két feladattípusnál korosztályos bontásban

a kisebb jégkocka és lassabban is olvad el...”, „ha gyapjúba csomagolok ugyanannyi jégkockát, mint amennyit alufóliába, akkor a gyapjúbán hamarabb elolvad...”, „a nagyobb, forró test több meleget tartalmaz, tehát melegebbs...”.

A Fig.10.1 ábrán Erickson és Tiberghien kutatási eredményeit láthatjuk, akik meg akarták vizsgálni a diákok vízkeverésről alkotott elképzeléseit. Két fő szituációt választottak: (1) ugyanolyan vízmennyiségeket ugyanazon a hőmérsékleten keverték össze és (2) ugyanolyan és eltérő mennyiségű vizet keverték össze eltérő hőmérsékleteken. Az eredményeket a Fig.10.2 diagramokon láthatjuk. A kvalitatív esetben sok diák a korábbi tudása alapján legalább annyit meg tudott mondani, hogy a végső hőmérséklet valahol a két kezdeti között lesz, de a kvantitatív számolások későbbi korosztálynál jelentek meg: „12 vagy 13 éves kornál korábban a »d« feladatot nem tudták megoldani”. Erről a vizsgálatról és még sok más érdekességről is többet tudhatnak meg, ha elolvassák Barke professzor és szerzőtársai könyvét.

Zárszó

Albert Einstein és a szerzők szavaival búcsú-zom:

„Nem érthetsz igazán valamit addig, amíg azt nem tudod elmagyarázni akár a nagymamádnak is.” (Albert Einstein)

„Ez nemcsak egy ravasz és érdekes állítás, hanem igaz is. Reméljük, hogy ennek a könyvnek a tartalmával még több nagymama kaphat tiszta és valós magyarázatot és kevesebb lesz a kémiai tévképzet.” (A könyv szerzői)

Összegzés

Ha elolvassák Barke professzor és szerzőtársai nagyszerű könyvét, nagyon sok mindent tudhatnak meg a kémiaoktatásról és a tévképzetéről. A tíz kiemelt téma, amiről a könyvben olvashatunk, lefedi a jelenlegi ké-

miaoktatás tantervét. Minden fejezet végén találhatóunk kapcsolódó tanítási stratégiákat, ötleteket, kísérleteket, elvégezhető vizsgálatokat. Összességében a könyvről elmondható, hogy a szerzők nagyon sok érdekes tévképzetet gyűjtöttek össze, köztük olyanokat is, amelyek létezésére lehet, hogy eddig még álmainkban sem gondoltuk volna, mint például a tanári tévképzetek. Ahogy a könyvből kiderül: a diákok (és tanáraik) preconcepciói, saját és didaktogén tévképzetei minden témakörben határtalanok. Ez a könyv ebben a zűrzavaros, hibáktól és félreértésektől hemzsegő világba kalauzol el bennünket, kémiatanárokat, illetve minden kémia iránt érdeklődőt. Mindenkinek szívesen ajánlom, aki tud angolul vagy németül és szeretne biztos lenni abban, hogy valóban jól tanít, illetve azoknak is, akik nem értik, hogy a tanulók miért mondanak furcsa, „kémia-idegen” mondatokat. Talán ebben a könyvben megtalálják végre a választ a tévképzetek kialakulásának okaira és elolvasása után valódi „tévképzet-doktorokként” korrigálhatják, „meggyógyíthatják ezt a betegséget”, illetve a következő generációk számára hatékony tévképzet-prevenációs lépéseket tehetnek.

Hivatkozások

- [1] Szöveg és kép forrása: amazon.com, fordította: Kapitány János
- [2] Kapitány János, Tóth Zoltán: „Számomra a kémiadidaktikának leginkább a kémiával való kapcsolata a legfontosabb”. Beszélgetés Hans-Dieter Barke professzorral, Magyar Kémikusok Lapja (2012) LXVII. (4) 115–117.
- [3] Ludányi Lajos: Tanári tévképzetek kémiából. *Iskolakultúra* (2009/7–8) 26–35.
- [4] Kapitány János szakmódszertani javaslata
- [5] Tóth Zoltán, Kiss Edina, Hans-Dieter Barke: Egy kémiatanításban használható térszemléleti teszt hazai adaptációja. *Magyar Pedagógia* (2003) 103 (4) 459–479.
- [6] Victor András: Sav, avagy egy szó százféle jelentése. *A Kémia Tanítása* (2005) 13 (2) 6–10.

Átadták a Magyar Kémia Oktatásért-díjakat

Budapest, 2012. október 15. – Tizennegyedik alkalommal adták át a „Magyar Kémia Oktatásért-díjat” annak az öt kémiantárnak, akik kiemelkedő szakmai munkásságukkal és elhivatottságukkal hozzájárultak a jövő nemzedékének magas szintű szakképzéséhez, felkarolják és tudásukkal támogatják a tehetséges diákokat.

A Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásért kuratóriuma évek óta ítéli oda a rangos elismerést, a személyenként 400 ezer forintos díjat. Az ünnepélyes díjátadóra idén is a Magyar Tudományos Akadémián került sor.

A 2012. évi díjazottak:

- **Nagy Mária**, Kodály Zoltán Gimnázium, Pécs
- **Sipos Judit**, Vegyipari Szakközépiskola, Debrecen
- **Horvát József**, Kiss Bálint Református Általános Iskola, Szentes
- **Dr. Kiss Szilvia**, Szabó Gyula Alapiskola, Dunaszerdahely
- **Halusz Magdolna**, Munkácsi Szent István Katolikus Líceum

Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásért

Az alapítvány 1999-ben a Richter Gedeon Gyógyszercég kezdeményezésével jött létre azzal a szándékkal, hogy a vezető hazai gyógyszergyártó vállalat a magyarországi kémiaoktatásban és az azzal kapcsolatos ismeretterjesztésben közvetlenül vállalhasson támogató szerepet. Az alapítvány feladatai közé tartozik többek között a kémia oktatásában kiemelkedő eredményeket elérő tanárok elismerése és díjazása. Az alapítvány „A Magyar Kémia Oktatásért-díjjal” közép- és általános iskolai kémiantárok kiemelkedő munkáját jutalmazza. Az alapítvány céljainak megvalósítása érdekében három tagból álló kuratórium működik. A kuratórium

a díjazottak kiválasztásához szükséges adatokat pályázati formában szerzi be.

A Richter Gedeon Nyrt. társadalmi felelősségvállalása jegyében kötelességének érzi, hogy lehetőségeihez mérten támogassa a közösségi célokat: tevékenységéhez kapcsolódóan az oktatást és az egészségügyet támogatja.

A hazai gyógyszergyártó stratégiájában meghatározó a kutatás-fejlesztési tevékenység, amelyhez elengedhetetlen a jövő szakembereinek képzése, az utánpótlás-nevelés támogatása. A Társaság pályázatokon és alapítványokon keresztül évente több millió forinttal segíti a fiatal vegyész mérnökök és gyógyszerészhallgatók továbbképzését, valamint az oktatásban kimagasló szerepet betöltő tanárokat. A vegyész szakemberek képzésének támogatása mellett jelen van a műszaki, az orvosi, valamint a közgazdaságtudományi egyetemek támogatói között is.

A 2012. évi díjazottak életrajza

Nagy Mária

Nagy Mária tanárnő 1980-ban kémia és fizika szakon szerzett diplomát a Kossuth Lajos Tudományegyetemen. Az egyetem elvégzése után egy évig Siklóson tanított, majd volt kémiantárra, Kromek Sándor hívó szavára 1983-ban visszatért az Alma Materba, a pécsi Nagy Lajos Gimnáziumba. Nagy lelkesedéssel vetette bele magát a munkába, tanítványai rajongtak érte. Rengeteget foglalkozott diákjaival, akik közül ma már sokan elismert kémikus szakemberek. Tehetséggondozó munkájának köszönhetően számos tanítványa jutott az Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny, illetve az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny döntőjébe.

1989-ben a Baranya Megyei Pedagógiai Intézet pályázatán I. díjat nyert a „Kémia feladatok és megoldások” című munkájával. Ezt a szakmai és módszertani füzetet azóta is használják az Irinyi János Középiskolai Kémiaversenyre való felkészülésben.

Kiemelkedő szakmai és pedagógiai munkája eredményeként az iskolavezetés Kromek Sándor mellett őt bízta meg a kémia tagozat irányításával. 1993-tól az iskola kémikus munkaközösségének vezetője lett, így már nemcsak diákjainak, hanem közvetlen munkatársainak is szakmai irányítójává vált.

Az 1998/99-es tanévben iskolát váltott, ma a Kodály Zoltán Gimnáziumban tanít, ahol a művész, valamint zenész fiatalok között misziós szerepet tölt be. Azóta azon munkálkodik, hogy hogyan lehet e tanulókkal megszerettetni a kémiát. Sikeres pályázataival igyekszik tanulóit is hozzájuttatni a legmodernebb technikai eszközökhöz, tanulókísérletekkel pedig a tapasztalatszerzés örömehez.

Évente több alkalommal szervez bemutató órákat, továbbképzéseket.

A '90-es évek második felétől az Irinyi János Kémiaverseny megyei fordulójának szervezője és lebonyolítója, az utóbbi években pedig az országos versenybizottságnak is tagja. Még a nyári szabadsága alatt is aktívan munkálkodik, kémikus táborokat szervez nagy sikerrel.

Sipos Judit

Sipos Judit tanárnő diplomáját 1991-ben a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem Természettudományi Karán matematika-kémia tanári szakon szerezte. Az ötödéves gyakorló tanítását kémia tantárgyból már jelenlegi iskolájában, a Vegyipari Szakközépiskolában végezte.

Tanári pályáját az intézmény kollégiumában nevelőtanárként kezdte. A kollégiumi évek alatt is tanított kémiát, majd két év múlva az iskolában folytatta munkáját. Azóta matematikát és kémiát oktat, mindemellett laboratóriumi gyakorlatokat is vezet.

Tanítványainak pályakezdő kora óta, tanítási órákon túl is rendszeresen segít a felkészülésben, legyen az korrepetálás vagy versenyfelkészítés. Munkája során tanulói elméleti tudását és gyakorlati feladatmegoldó készségét is kiváló pedagógiai érzékkel fejleszti. Számos tanítványa került be, és szerzett értékes helyezést az OKTV, OSZTV, SZÉTV és az Irinyi János Középiskolai Középiskolai Kémiaverseny országos döntőjében.

Folyamatosan magas színvonalon, nagy szakmai igényességgel dolgozik, fiatalabb kollégáival empatikus, munkájukat rendszeresen figyelemmel kíséri, támogatja. Pályája során számos iskolai és városi szintű elismerésben részesült.

Horvát József

Horvát József tanár úr a horvátországi Vörösmarton született. Az általános iskolát szülőfalujában, a középiskolát Létamonostoron végezte. 1982-ben fizika-kémia szakos tanári diplomát szerzett a szegedi József Attila Tudományegyetemen. Az egyetem elvégzése után abban a gimnáziumban helyezkedett el kémia- és fizikatanárként, ahol középiskolai tanulmányait végezte. 1991-ben, a délszláv háború idején családjával együtt Magyarországra költözött, s itt kezdett tanítani.

1996 szeptembere óta tagja a Kiss Bálint Református Általános Iskola tantestületének. 2003-ban a városban elsők között szakvizsgázott „Pedagógiai mérés és értékelés” szakon a Szegedi Tudományegyetemen. Az iskolában folyó mérési és értékelési feladatok egyik fő szervezője és irányítója. Kiváló képességű, innovatív tanár. Rendszeresen részt vesz képzéseken, tanfolyamokon. A tehetséggondozás területén kitűnő eredményekkel büszkélkedhet. Tanítványai évek óta a legjobbak között szerepelnek a legrangosabb kémiaversenyeken: a Hevesy György Kémiaversenyen, a Curie Emlékversenyen, a Református Középiskolák Országos Kémiaversenyén, a Melegh István Kémiaversenyen.

Diákjaival sikerül megszerettetnie a természettudományokat, egyre több tanítványa folytatja tanulmányait kémia tagozaton a középiskolákban, majd az egyetemeken. Hetente egy-egy szakkört vezet a hetedik és nyolcadik osztályosoknak, de a versenyre készülő tanulókkal naponta gyakorolnak. Évente két-három alkalommal látványos kémiai kísérleti bemutatót szervez az alsóbb évfolyamok számára, hogy kedvet kapjanak a kémiatanuláshoz. Személyisége, nyitottsága, érdeklődése az új és korszerű iránt példaértékű.

Dr. Kiss Szilvia

Dr. Kiss Szilvia tanárnő Dunaszerdahelyen született, az alapiskolát szülőhelyén, a középiskolát Pozsonyban, a Duna utcai Magyar Tannyelvű Gimnáziumban végezte. 1995-ben matematika-kémia szakos tanári diplomát szerzett a Nyitrai Pedagógiai Főiskolán. 2008-ban védte meg doktori értekezését a nyitrai Konstantin Filozófus Egyetemen, 2009-ben tett 2. kvalifikációs vizsgát a Selye János Egyetemen, Komáromban.

Kiss Szilvia tanárnő, aki az első öt végzős magyar kémiantanár közé tartozik, a mai napig hű maradt hivatásához és a dunaszerdahelyi Kodály Zoltán Magyar Tannyelvű Alapiskolában tanít. Számos kémiaversenyre készítette föl diákjait, akik a szlovákiai versenyeken kívül eredményesen vettek részt a Marosvásárhelyen szervezett 6., és a Pécsen szervezett 7. Nemzetközi Kémikus Diákszimpoziumon. A 8. Kémikus Diákszimpoziumot 2013-ban Dunaszerdahelyen tartják a tanárnő vezetésével.

Halusz Magdolna

Halusz Magdolna tanárnő 1957-ben az Ungvári Állami Egyetemen szerzett kémikus, kémiantanári diplomát. Magyarul, németül, ukránul, oroszul beszél. 1957–1960 között Dolhán, 1960–1966 között a Munkácsi 2. sz. középiskolában, 1966–1998 között a Munkácsi 20. sz. középiskolában, 1998–2003 között a Munkácsi II. Rákóczi Ferenc Középiskolában, 2003-ig a Munkácsi Szent István Líceumban dolgozik. Jelenleg is tanít. Tanári fokozata „sztrazsij vcsétely”, kiváló pedagógus. Több tucat tanítványa választotta a kémikusi hivatást, a Szent István Líceumból is már ketten. Kilenc éven keresztül osztályfőnökként is kitűnő nevelőmunkát végzett.

Tanítványai jó eredménnyel vesznek részt a tantárgyi vetélkedőkön. Rendszeresen küld résztvevőket a KMPSZ által rendezett kémia vetélkedőkre is, ahol eddig már 1., 2., és 3. helyezést is nyertek.



A képen balról jobbra: Sipos Judit, Vegyipari Szakközépiskola, Debrecen; Halusz Magdolna, Munkácsi Szent István Líceum; Horvát József, Kiss Bálint Református Általános Iskola, Szentés; Dr. Kiss Szilvia, Szabó Gyula Alapiskola, Dunaszerdahely; Nagy Mária, Kodály Zoltán Gimnázium, Pécs

Tizenkettedik Rátz Tanár Úr Életműdíj

Budapest, 2012. november 21. – A Magyar Tudományos Akadémián adták át a 2012. évi Rátz Tanár Úr Életműdíjakat.

Az Ericsson, a Graphisoft és a Richter Gedeon Nyrt. által létrehozott Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért 2001 óta ítéli oda a Rátz Tanár Úr Életműdíjakat, amely mára a hazai természettudományos oktatás, és egyben a közoktatás egyik legrangosabb elismerésére lett.

A személyenként 1,2 millió forintos Rátz Tanár Úr Életműdíjat évente két-két matematika, fizika, kémia és 2005 óta két biológia szakos tanárnak ítélik oda, akik kimagasló szerepet töltenek be tárgyak népszerűsítésében és a fiatal tehetségek gondozásában. A három vállalat ezzel a díjjal járul hozzá a magyarországi természettudományos oktatásban végzett tanári munka rangjának, erkölcsi és anyagi megbecsülésének növeléséhez.

„Hogy ne csak a világhírű tudósok, hanem tanáraik nevét is ismerjük...” – így szól a Rátz Tanár Úr Életműdíj mottója. Mikor világhírű, magyar származású tudósainkkal büszkélkedünk, kevés szó esik tanáraikról. Rátz tanár úr a legendás Fasori Gimnázium tanára volt és többek között Neumann Jánost és Wigner Jenőt is tanította. Az alapítvány az ő nevét választotta, hogy adózzon nagy múltú és kiváló oktatási kultúránk előtt és méltányolja azon pedagógusainkat, akik ma is áldozatos szakmai munkájukkal és kiemelkedő eredménnyel képzik a jövő tehetségeit.

2012. díjazott tanárai

- Dr. Kovács László (fizika) – Nagykanizsa, Batthyány Lajos Gimnázium
- Ósz György (fizika) – Ács, Jókai Mór Általános Iskola
- Pogáts Ferenc (matematika) – Budapest, Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium
- Róka Sándor (matematika) – Nyíregyháza, Nyíregyházi Főiskola
- Dr. Harka Ákos (biológia) – Tiszafüred, Kosuth Lajos Gimnázium
- Dr. Borhidi Attiláné (biológia) – Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium
- Dr. Forgács József (kémia) – Debrecen, Vegyipari Szakközépiskola
- Prókai Szilveszter (kémia) – Szeged, Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium

„A tudásalapú társadalomban a legfontosabb infrastruktúra az oktatás”

Mi, magyarok többnyire jók vagyunk matematikából, ezt szinte közhelyként hisszük és tudják rólunk a világban. Büszkék vagyunk a Bolyai-féle geometriára, a Puskás-féle telefonközpont, a digitális számítástechnika Neumann-féle alapjaira, a Rubik-kockára vagy a Polgár lányok sakk-zsenialitására és hogy az egy főre jutó Nobel-díjasok számában talán világsők vagyunk. Tényleg jók vagyunk a természettudományokban, de miért?

Genetikus predesztináltság helyett inkább kulturális gyökerekben hihetünk. Természettudományos kultúránk talán Amerika felfedezésével, sőt a megszállásokkal is összefügg. Tegyük fel, hogy matematika (ami a természettudományok alapja) zsenijelölt gyerek hasonló arányban születik Angliában, Hollandiában, mint Magyarországon. De míg ott a szülők ilyenkor leginkább kereskedőnek nevelik a gyereket (hiszen ahhoz nagyon kell tudni számolni), nálunk erre nincs sok esély, így marad a tuda-

mány. A megszállásokkal is összefügg a természettudományok becsülete. Ezek ugyanis függetlenek a hatalomtól és a politikai rendszertől, ezért a gyermeke sorsát féltő szülő igyekszik erre orientálni. Tehát amíg kereskedelmi és politikai kultúránk elsorvadt (kell ezt ma bizonyítani?), addig (ezek helyett is) műszaki-tudományos kultúránk fejlődött.

A kulturális értékek alapvetően határozzák meg nemzetek sorsát. A 15. században Anglia hátrébb állt a fejlődésben, mint Magyarország és sokkal hátrébb, mint az akkori kereskedő nagyhatalom, Spanyolország. De miután a kereskedő spanyolok felfedezték Amerikát, az angolok hajózási kultúrája felértékelődött. Egy kalóz mozgékony hajóival megverte a Legyőzhetetlen Armadát és az akkor még viszonylag kis Anglia átvette a vezetést.

Ma az a kérdés, hogy a Cyberspace-ben ki tud jobban hajózni, mely nemzetnek van ebben több száz éves kulturális előnye, honnan jönnek a gyors kalózok, akik legyőzhetik a még nagyon fiatal informatikai ipar első generációs gigászait. Persze ha Sír Francis Drake kalóz marad, Erzsébet nem civilizálja, és nem építteti meg a hajóhadat, amely az új kor infrastruktúráját jelentette, Anglia sem válik azzá, ami lett.

Nekünk is szükségünk van „hajókra”, azaz az infrastruktúrára, amit az államnak kell megteremtenie. De ez ma nem fizikai infrastruktúrát jelent. A tudásalapú társadalomban a legfontosabb infrastruktúra az oktatás. Ma az oktatás olyan érték, mint a nagy felfedezések korában a hajók, az ipari forradalom korában pedig a szén, az olaj vagy a vas voltak. Angliát, Amerikát, Németországot az ipari forradalomban nyersanyaga tette gazdaggá. A tudásalapú gazdaságban Magyarországot oktatási kultúrája emelheti fel. És ebben minden újabb keletű romlás ellenére még mindig maradt előnyünk. Nobel-díjasaink zöme egyetemet már külföldön végzett, de többen ugyanabba a középiskolába, sőt, néhányan ugyanabba az osztályba jártak.

Ennyi múlik egy jó tanáron. Hogy a tehetség elkallódik, vagy kifejlődik, az a középiskolában dől el, ezt kellene tehát sokkal jobban megbecsülnünk. Ez nem csak pénz, hanem társadalmi értékítélet kérdése is. Nobel-díjasaink nevét szinte mindenki ismeri, de ki ismeri tanáraikét? Azt is tudjuk, ki volt az Aranycsapat edzője, de díjunk névadóját, Rátz Tanár Úr nevét, aki Neumann Jánost és Wigner Jenőt is a Fasori Evangélikus Gimnáziumban tanította, sokkal kevesebben ismerik, mint tanítványai nevét. Ennek a megbecsülés deficitnek a részleges kompenzálására alapítottuk a Rátz Tanár Úr Életműdíjat.

A díjazott kémiatanárok rövid szakmai életrajza

DR. FORGÁCS JÓZSEF – Debrecen, Vegyipari Szakközépiskola

Dr. Forgács József 1962 júniusában végzett okleveles vegyészként a Kossuth Lajos Tudományegyetemen. 1978 júniusában elvégezte a pedagógia szakot, majd 1984-ben doktori fokozatot szerzett. Egykori iskolájában, a debreceni Vegyipari Szakközépiskolában, kezdte meg tanári pályáját, ahol egészen nyugdíjba vonulásáig az intézmény egyik legkiemelkedőbb pedagógusaként tevékenykedett.

Egész életét a tanítás, a tehetséges diákok oktatása, nevelése töltötte ki, amely a kiváló versenyeredményekben is megmutatkozott. Egykori tanítványai közül ma többen akadémikusok, vállalatvezetők, illetve a vegyipar meghatározó dolgozói. Tanári munkáját mindig magas szintű szakmai felkészültség és pedagógiai tudatosság jellemezte. A vegyipar fejlődését folyamatosan követte, és gyakorlatioktatás-vezetőként ehhez igazította az iskola laboratóriumainak fejlesztését. Munkájának köszönhetően az iskola laboratóriumi felszereltsége kiváló volt.

Az iskola megbízott igazgatójaként is tevékenykedett, mely munkája során precizitását,

emberségét kollégái is érzékelhették. Dr. Forgács József azon pedagógusok közé tartozik, akit munkaszeretete, pontossága, segítőkészsége és kiváló pedagógiai érzéke miatt nemcsak tanítványai, hanem kollégái is tisztelnek, szeretnek.

Szakmai munkásságához tartozik tantervek, vizsgáztatási követelményrendszerek tananyag-tartalmainak kidolgozása, felvételi, verseny és képesítő feladatsorok készítése, illetve szakértői és vizsgaelnöki feladatok ellátása is.

PRÓKAI SZILVESZTER – Szeged, Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium

Prókai Szilveszter 35 éve kezdte pályafutását Makón a Juhász Gyula Szakközépiskolában. 1978-tól Szegeden a Fodor József Szakközépiskolában tanított, majd 1989-ben kezdett a szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnáziumban tanítani. Döntő szerepet játszott a Radnóti-

ban az országosan egyedülálló biokémia tagozat kémia tantervének kialakításában. Vezetésével több mint 10 éve olyan kémia munkaközösség dolgozik, amely az ország egyik legeredményesebb kémiai tehetséggondozó programját működteti. Döntő szerepe van abban, hogy a kémia iránt érdeklődő diákok mindegyike megtalálja a maga számára a legmegfelelőbb formát tehetségének kibontakoztatásában. Minden évben heti 8-10 szakköri órát tart, diákjai több mint egy évtizede egyetlen évben sem hiányoztak az Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny és az OKTV döntőjéből, valamint rendszeresen részt vesznek rangos nemzetközi versenyeken is. Prókai tanár úr jelentős szerepet játszott az új típusú érettségi lebonyolításában és a vizsgarendszer meghonosításában az érettségi minden szintjén. Tagja a tételkészítő bizottságnak és gyakran a feladatsor ellenőrzési munkáit is ő végzi.



A képen balról jobbra hátsó sor: Osz György, Róka Sándor, Dr. Harka Ákos, Dr. Kovács László, Prókai Szilveszter, első sor: Pogács Ferenc, Dr. Borhidi Attiláné, Dr. Forgács József