

## VERSENYHÍRADÓ



**Róka András**

### A Bugát Pál Természetismereti Verseny döntős feladatai kémiából

1. Elemezze lényegre törően az alábbi események tudománytörténeti hátterét és társadalomtörténeti jelentőségét!

- a vas előállításának felfedezése
- a gőzgép felfedezése
- a távíró és a rádió felfedezése
- a penicillin felfedezése
- az urán felfedezése

**vas:** A faszenes redukció vasércekre történő alkalmazása új, a bronztól erősebb szerkezeti anyag előállításához vezetett. A szivacsos szerkezetű nyersvasból kovácsolással magas széntartalmú acélt állítottak elő, amiből kiváló minőségű fegyverek, védő öltözetek és szerszámok készültek. A vasszerszámok megjelenésével könnyebbé vált a földművelés, növekedett a termés, ami a jobb táplálékellátáson keresztül a népesség növekedéséhez, a társadalom fejlődéséhez vezetett.

**gőzgép:** A XVII. század végére a faszén és a hímuzsír szükséglet – a faki-termelésen keresztül – már veszélyeztette az erdőállományt. A kohászatban a faszén kiváltására a kőszén lepárlásával előállított kokszt próbálták alkalmazni. A közel száz évig tartó előkísérletek után, a kokszt alkalmazásával 1709-ben Abraham Darby forradalmasította a vasgyártást. A nagy mennyiségű öntöttvas megjelenésével fejlődésnek indult a vasszerkezetes építészet, a gépgyártás. A technikai és technológiai fejlődésnek, a termelékenység növekedésének azonban hamarosan a hátrányai is megjelentek. A gépesítés – kiszorítva a kézművességet – munkanélküliséghez vezetett, a túltermelés miatt pedig hamarosan jelentkeztek a gazdasági válság jelei.

**távíró, rádió:** Az indukció felfedezésével (Faraday 1831) megjelenhettek a váltóáramú áramkörök. A rezgőkör alkalmazása az elektromágneses hullámok (Hertz, 1887), a távíró (Morse, 1837, Marconi 1890), a telefon (Reis 1861, Bell 1876) és a rádió adás-vétel (Marconi, 1894, Popov 1895) felfedezéséhez vezetett. Az új eszközök forradalmasították a hírközlést. Felgyorsították az információcserét, és ezzel a mindennapi életet.

**penicillin:** A mikroszkóp felfedezésével (Leeuwenhoek) feltártult a mikrovilág, ismertté váltak az egysejtűek. A mikrobák vizsgálatával fejlődésnek indult a mikrobiológia (de Latour, Schwann, Pasteur, Koch). Fleming 1929-ben „véletlenszerűen” fedezi fel, hogy a *Penicillium* gombafajok anyagcsereterméke gátolja a baktériumtelepek növekedését. Felfedezésével – az arzén tartalmú, szintetikus kemoterápiikum, a Salvarsan után – megszületett az első (mikro-) biológiai eredetű antibiotikum a staphylococcusok ellen. A penicillin rövid idő alatt rendkívül hatékony gyógyszernek minősült, de széleskörű alkalmazása csak szintézisének ipari szintű megvalósulása után került sor.

**urán:** Becquerel felfedezése, valamint a Curie házaspár és Rutherford munkássága nyomán új tudomány született, a magfizika. A radioaktivitás, ezen belül a bomlási sorok vizsgálata hamarosan elvezetett az atommag-átalakítás igényéhez. Rutherford nyomán kezdetben az alfa-sugárzást alkalmazták, majd a neutron felfedezésével (Chadwick 1932) általánossá vált a neutron-besugárzás hatásának vizsgálata. Bár a nagy rendszámú atommagok neutron bombázás hatására bekövetkező hasadását már Ida Noddack felvetette, Hahn és Strassman találta meg azt az elemet, amellyel ez be is következik. Az urán hasadását végül Lise Meitner értelmezi (1939). Az atombomba előállításának (Manhattan-terv) békés célú mellékterméke az első atomreaktor sikeres kipróbálása (Enrico Fermi, Szilárd Leó, Wigner Jenő, Chicago, 1942. december 2.).

2. *A megismeréssel (a tudomány fejlődésével) együtt változott a világról alkotott kép: Röviden elemezze, hogy az egyes korokban, az anyag átalakítása terén melyik élmény volt a fontosabb: a megmaradás vagy a megváltozás? Ellentmond-e egymásnak ez a két „tulajdonság”? Válaszá-  
nak mi az anyagszerkezeti háttere?*

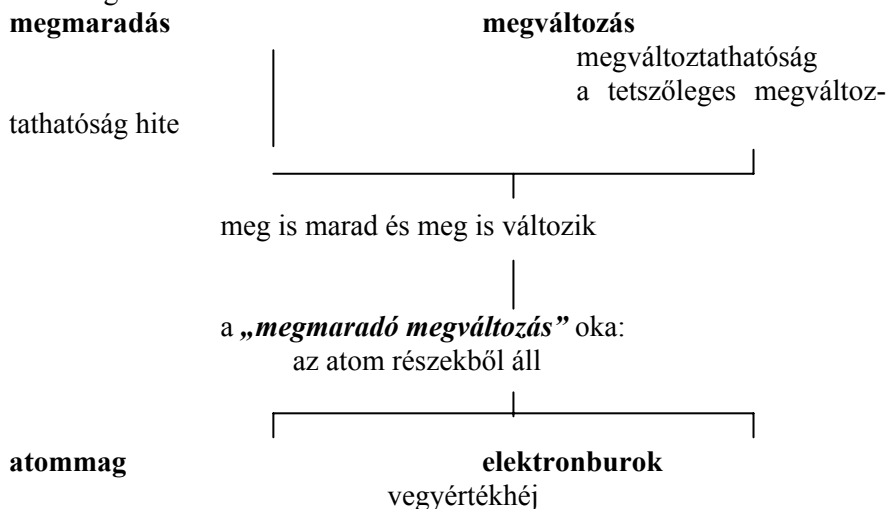
Az őskorban – a tulajdonságok tudatosulása korában – a megmaradás élménye volt a domináns, hiszen őseink a jellemző („megmaradó”) tulajdonságok segítségével tudták környezetük anyagait megkülönböztetni (pl. táplálék vagy megmunkálható kövek keresése). A periodikusan jelentkező változások – mint a nappalok és éjszakák, vagy az évszakok változása – szintén a megmaradás élményét erősítették.

A tűz birtokba vételével, az anyag átalakulása, átalakíthatósága élményével egyre inkább a megváltoztatás válik igénnyé (réz, ón, ólom, majd a vas előállítása érceikből). A megváltoztathatóság igénye és élménye mellett annyira hátterbe szorul a megmaradás, hogy Arisztotelész őselemei nyomán egyenesen kialakul a tetszőleges megváltoztathatóság hite. Az alkímisták évszázadokon keresztül próbálják az anyagokat arannyá alakítani.

Az arany előállításának sikertelensége vezet el végül a kémiai elem fogalmához, és egyúttal az elemek megváltoztathatatlanságának kimondásához (Robert Boyle, Dalton). A felvilágosodás korában az igényes mérések bebizonyították, hogy az anyagi minőség megváltozása ellenére mindig vannak megmaradó mennyiségek. Felfedezik a megmaradási törvényeket (az elem, a tömeg, az energia és a vegyületi arányok megmaradása). Egyelőre megmagyarázhatatlan, de már elviselhető az ellentmondás, hogy a megmaradás és a megváltozás egyszerre érvényesül.

Dalton atomelméletével értelmezhetővé váltak a vegyületi arányok, de atommodellje – éppen a megmaradási törvények sugallta oszthatatlanság miatt – egyelőre alkalmatlan az anyag ellentmondásos viselkedésének értelmezésére. Míg a radioaktivitás és az elektron felfedezése bizonyították, hogy az atom osztható, Rutherford azt is kimutatja, hogy az atom részekből áll. A Bohr-modell segítségével pedig már érthetővé válik a „megmaradó megváltozás” is: A kémiai reakciók során csak az elektronburok, és ezen belül is a legkülső, vegyértékhéj változik meg, míg az atommag változatlan marad.

Összefoglaló séma:



3. Mikor és milyen „társadalmi” jelentősége volt az alábbi „adatoknak”? Az élő szervezetek egyik jellemző redoxi-rendszerének (NADH/NAD<sup>+</sup>) standard redoxipotenciálja  $-0,32\text{ V}$ , míg a  $\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$  rendszeré  $1,4\text{ V}$ . Értelmezze a megadott adatokat!

A tudománytörténeti események felvázolása jól érzékelteti, hogy egy tapasztalat értelmezéséhez milyen hosszú elméleti fejlődés szükséges. A klórt Scheele 1774-ben fedezte fel. A textiliparban a felfutó termelés miatt nagyon nagy igény volt a fehérítő szer iránt. Ezért nagyon időszerű volt Berthollet felfedezése, hogy a klóros víz kiválóan fehéríti a textíliát. Kísérletei során rájött arra, hogy az irritáló és mérgező klórgáz a lúgos hamuszír-oldatban elnyelve is kifejti a kívánt hatást. Angliában, 1789-ben Tennant a klórt meszes vízbe vezetve állította elő a klórmészt. A fehérítés mellett a fertőtlenítő hatás felfedezéséig és alkalmazásáig azonban még egy emberöltőt kellett várni.

Semmelweis Ignác – az „anyák megmentője” – az 1850-es években vezeti be a klórmeszes vízzel történő kézmosást fertőtlenítés céljából, megelőzve ezzel a rettegett gyermekágyi lázt. A aszeptikus hatás magyarázata azonban még sokáig várat magára. A kémiában előbb kialakul a redoxi-reakciók elektronelmélete, az elektrokémia fejlődésével ismertté válnak az elektród-, majd a redoxipotenciálok. Végül feltáruznak a sejtszintű energiatermelés folyamatai, és ismertté válnak az élő szervezetek reverzibilis redoxi-rendszerei. A redoxipotenciál-értékek ismeretében ma már tudjuk, hogy a klóros víz éppúgy oxidálja a NADH-t, mint pl. a bromid- vagy jodidionokat. Vagyis az olyan erélyes oxidálószer, mint a klórosvíz és származékai, meggátolják a NADH/NAD<sup>+</sup> reverzibilis átalakulását, ezáltal blokkolják az energiatermelő folyamatokat.

4. Az „információs társadalom” egyik legfontosabb eszközévé a mobiltelefon vált. Ezek működéséhez azonban elengedhetetlenül fontos a nagy kapacitású elektromos áramforrás. Hasonlítsa össze a Daniell-elem és a modern lítiumelem működését!

Háttérinformáció: Az új típusú lítiumelemekben nem fém lítiumot alkalmaznak, hanem lítium-oxid és kobalt (II)-oxid megfelelő arányú keverékét. Ezeket az elemeket felhasználás előtt „formatálni” kell (ami kémiailag elektrolízist jelent). Ne felejtse el, hogy a kobalt – a d-mező sok eleméhez hasonlóan - változó vegyértékű! A lítium az elektrolízis során atomok

formájában képződik, és egy speciális grafitrácsba ágyazódik be. Gyártson elméletet a lítiumelem működésére! Milyen hasonlóságokat és különbséget talál a két elem között?

A két galvánelem – triviális – hasonlósága, hogy egy-egy kémiai reakció energiáját alakítja át elektromos energiává. A lényeges különbség a reakció megfordíthatóságában rejlik: A Daniell-elem működése az irreverzibilis  $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) = Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$  reakción alapul. Ezzel szemben a „lítium” elem (az ólomakkumulátorhoz hasonlóan) egy változó vegyértékű fém reverzibilis reakciójára épül:  $Co^{2+} = Co^{4+} + 2e^{-}$ .

További különbség, hogy a Daniell-elemben az elektrolit anionjai is rész vesznek az elektromos töltés szállításában, míg a „lítium” elemekben jobbra csak a lítiumionok vándorolnak.

A lítiumion-elemben az elektrolízis („formatálás”) során pozitív töltésű elektródon (az anódon) a lítium- és kobalt-oxid keverékéből nem a negatív töltésű anionok, hanem a kobalt(II)-ionok oxidálódnak, míg a lítiumionok a negatív pólushoz vándorolva redukálódnak. A lítium-oxid oxidionjainak elmozdulására így nincs is szükség, mert helyben maradva azonnal kompenzálják a keletkező kobalt-ionok megnövekedett pozitív töltését. Így alakulnak ki a galvánelem „pólusai”, ill. elektródjai.

Galvánelem üzemmódban fordított a helyzet. A grafitrétegekbe, vagy újabban ionvezető-polimerbe ágyazódott lítiumatomok oxidálódnak, míg a lítiumatomok által leadott elektronok felvételével a kobalt(IV)-ionok redukálódnak. Így lényegében csak a lítiumionok vándorolnak az újra szabadra váló oxidionokhoz.

5. A működés ismeretében határozza meg, hogy hány mol  $Li^{+}$  - ion képződött egy 3 perc 45 másodperces „csevegés” (információváltás) esetén, ha az áramerősséget 150 mA-nek mérték?

Az adatok megfelelő mértékegységre történő átváltása:

$$\text{idő (t)} = 3 \cdot 60 + 45 \text{ (s)} = 180 + 45 \text{ (s)} = 225 \text{ s}$$

$$\text{áramerősség (I)} = 150 \text{ mA} = 0,15 \text{ A}$$

Amíg a negatív töltések (az elektronok) a fémes vezetőkön, a pozitív töltések (vagyis a negatív póluson képződött lítiumionok) az elektroliton keresztül vándorolnak. A töltésmegmaradás törvénye értelmében az elektrolitban ugyanannyi pozitív töltésnek kell vándorolni, mint amennyi elektron elektromos áram formájában vándorolt az elem pólusai között:  $Q(\text{elektronok}) = Q(\text{lítiumionok})$

Az áramerősség és az eltelt idő ismeretében az áthaladt töltés mennyisége:  $Q(\text{elektron}) = I \cdot t = 0,15 \cdot 225 \text{ As} = 33,75 \text{ C} = Q(\text{lítiumionok})$

Mivel 1 mólnyi elektron, ill. lítiumion töltése kerekítve  $F = 96500 \text{ C}$  töltést képvisel, a lítiumionok anyagmennyisége

$$n(\text{lítium}) = Q(\text{lítiumionok}) / F = 33,75 \text{ C} / 96500 \text{ C/mol} = 0,00035 \text{ mol} = 0,35 \text{ mmol.}$$

### A gyakorlati forduló feladatai

A tudomány társadalmi hatását nemcsak olyan – a történelemkönyvekből ismert – eseményeken keresztül követhetjük nyomon, mint például a gyermekágyi láz legyőzése, vagy az atombomba feltalálása, hanem mindennapi használati eszközeink, tevékenységeink változásában, fejlődésében is. A gyakorlati forduló során a tudomány mindennapi "hasznát" a mosás, az élelmiszergyártás és a technikai eszközök fejlődése terén próbáljuk elemezni.

**1. feladat:** A mosószerek, és ezáltal a mosás fejlődésén belül a hamuzsír és egy modern mosószer hatóanyagának, továbbá a mosás mechanizmusának összehasonlítása.

Részfeladatok:

a/. A fahamu hatóanyag-tartalmának meghatározása

Sav-bázis titrálás segítségével tervezzenek meg egy egyszerű műveleti sort ismert tömegű fahamu hamuzsír-tartalmának meghatározására, majd egyeztetés után(!) végezzék el a vizsgálatot! Az eredményt tömegszázalékban adják meg!

b/. Határozzák meg az ugyanilyen tömegű mosóporral készített oldat semlegesítéséhez szükséges sósav mennyiségét!

c/. Nevezzék meg (szakszerűen) a tervezett vizsgálat egymást követő műveleteit!

A titrálási eredmények alapján hasonlítsák össze a hamuzsír és a mosópor "lúgosságát" (savfogyasztását)! Az összehasonlítás során próbálják meg figyelembe venni, hogy a mosóporral szemben a fahamu sok, a mosás szempontjából hasznosíthatatlan anyagot tartalmaz!

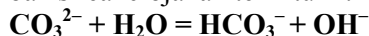
Magyarázzák meg, hogy miért lehet fahamuval mosni!

Nevezzék meg, hogy milyen típusú anyagokkal bővült a mosószerek hatóanyaga! Röviden elemezzék, hogy a tudomány és a kémiai technológia fejlődésével hogyan változott a mosás "tudománya" az egyiptomiak tapasztalati tudásától napjainkig!

**Megoldás:**

A fahamu és a mosóporok titrálását – több-kevesebb sikerrel – minden csapat megoldotta. Elgondolkodtató azonban, hogy a hamu vízoldhatatlan alkotóinak kiszűrése (kioldás utáni elválasztás) a csapatok egy harmadának nem jutott eszébe. Pedig a zavaros oldat szürke színe kissé zavarta az indikátor színváltozásának érzékelését.

Segítségként, több csapat számára meg kellett adni a hamuzsír összetételét (kálium-karbonát). He nem tudták volna, az indikátor is jelezte, hogy a hamu – továbbá a szóda, és a mosóporok – vizes oldata lúgos kémhatású. A gyenge sav és erős bázis alkotta sók lúgosan hidrolizálnak, amit a Bronsted-féle elmélet értelmében a karbonát-ionok vízzel történő sav-bázis reakciójának tekintünk:

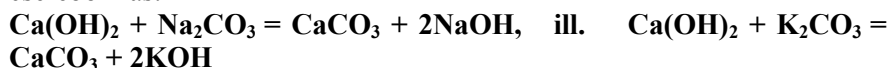


A lúgos közegben az észterek alkoholra és a karbonsav sójára bomlanak (lúgos hidrolízis, vagy „elszappanoítás”). A „koszosnak” tűnő fahamuval azért lehet mosni, mert hamuzsír tartalma miatt lúgos az oldata. A lúgos oldatban a zsírtól, vagy növényi olajtól származó szennyeződések glicerinre és a zsírsavak sóira bomlanak. A keletkező szappan ráadásul még fokozhatja is a tisztító hatást, mert micellák képződésével a szénhidrogén típusú olajszennyeződést is eltávolíthatja.

A mosószeres történetéről sajnos alig írtak a csapatok. Pedig elgondolkodtató, hogy a történelem hogyan ismétlődik!

Szódával már az egyiptomiak mostak, amit a nátrontavakból nyertek ki. Mezopotámiában – szóda híján – a fahamut (hamuzsír) alkalmazták. A sumérok ugyan már ismerték az elszappanosítást, de a maihoz hasonló szilárd szappant még nem készítették. Egyrészt azért, mert lúgosságát (hidroxidion-koncentrációját) tekintve még híg volt a hamuból nyert oldat, másrészt azért, mert a káliumionokat tartalmazó „káliszappan” amúgy is lágy.

A mész-szódás eljárás felfedezése (ar-Rázi) lehetővé tette a szóda és a hamuzsír oldatától töményebb lúgoldatok előállítását. A kémia története során ez volt az első, vizes oldatban lejátszódó, csapadékképződéssel járó cserebomlás:



A „lúgésítéssel” beindult a szappanfőzés, de a XVII. századig csak mesterség szintjén terjedt el a mosószergyártás.

A XVIII. századtól azonban már annyira megnőtt a szóda iránti keresletet, hogy azt már csak ipari szintű termelés elégítette ki. 1787-ben Leblanc ötlete alapján beindul szintetikus szódagyártás, amit az 1860-as évektől fokozatosan felváltott a Solvay-féle technológia. A XX. században – a szerves kémiai technológia fejlődésével – megjelennek a szintetikus mosószeresek, a nagyobb hatékonyságú „mesterséges” szappanok. A modern („intelligens”) mosóporokban azonban a felületaktív anyagok mellett – a lúgos kémhatás biztosítása, továbbá optikai fehérités céljából – továbbra is alkalmaznak szervesetlen sókat. Néhány éve, a természetes vizekben eutrofizációt okozó foszfátokat éppen az egyiptomiak által már használt szódára cserélték le.

**2. feladat**

A vaj és a margarin víztartalmának, és ezen keresztül összetételük összehasonlítása

Vízfürdön olvasszák fel a kémcsövekbe kiadott vaját és margarint, majd a térfogat-százalékos összetétel meghatározása (becslése) után hasonlítsák össze a termékek víztartalmát! Mi a feltétele a nagyobb víztartalmú termék előállításának? Az eredmények ismeretében értékeljék a tudomány "hasznosságát"!

**Megoldás:**

A felolvasztás után a vaj víztartalma kolloidális eloszlású maradt, míg a margarin esetében különvált a vizes fázis.

A hideg vaj, zsír azért kemény és nehezen kenhető, mert összeadódó jellegű diszperziós erők összetartják az észtermolekulák nagy szénatom-számú zsírsavláncait. A kis víztartalmú vaj tehát inkább molekulárcsos anyagként viselkedik. A vizsgált margarin víztartalma közel 30 térfogat % volt. Az apoláris közeg víztartalmának ilyen mértékű növelése csak felületaktív anyag alkalmazásával érhető el. Vagyis a margarin – a vajhoz képest – inkább egy emulziós gél. A micellák között gyengébbek a másodlagos kötőerők, ezért hidegen is kenhető. Az egészséges táplálkozás szempontjából előnyösnek tűnik, hogy a víztartalom növelésével csökken a zsír, és ezzel a koleszterin tartalom. Nem is beszélve a gazdaságosságról, hiszen vizet veszünk margarin áron.

**3. feladat: „Játék”:**

Az elemes és az elem nélküli (rázogatós) zseblámpa összehasonlítása

- a/. Figyeljék meg az elem nélküli zseblámpa felépítését és működését!
- b/. Próbálják meg megmagyarázni a "modern" zseblámpa működését, és ennek ismeretében az egymást követő energiaátalakulási lépéseket! Az elképzelésük alapján hasonlítsák össze a klasszikus és a modern lámpa működését!
- c/. Röviden elemezzék, hogy az elem nélküli zseblámpa esetében mit adott a XX. század tudománya (és technológiája) a XIX. század ismereteihez!

**Megoldás:**

A „rázogató” zseblámpa működési elvére – hogy a tekercsben mozgó mágnes indukált áramot kelt – minden csapat rájött. Azt azonban már csak néhány csapat említette meg, hogy amíg az elemes lámpában magas hőmérsékletű izzószál világít (hőmérsékleti sugárzás), addig a modern változatban „hideg” fényforrás, világító dióda (LED) található. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az indukációs lámpa kisebb áramerősséggel működik. Azt szinte minden csapat említette, hogy az indukált feszültség egy kondenzátoron keresztül egy (lítium-) akkumulátort tölt fel, de az egyenirányítás gondolata egy csapatnál sem merült fel.

A mozgási indukáció jelensége Faraday munkássága óta ismert (1831). A tekercsben, az ide-oda mozgó mágnes hatására indukálódó áram azonban nem „hajt” meg egy zseblámpaizzót. Ahhoz, hogy a jelenségre egy fényforrás épülhessen a félvezetők, a dióda, a világító dióda felfedezése, röviden a mikroelektronika fejlődése kellett.