

Kémia II.

Növények eledele

Problémafelvetés:

Szőrnyű, 29 haláleset és kb. 10 ezer ember fizikai sérülését okozó robbanás rázta meg a Toulouse nevű francia várost 2001. szeptember 21-én. Az üzemben, ahol a katasztrófa történt, főként ammónium-nitrátot, ill. ammónium-nitrát alapú műtrágyákat gyártottak. A robbanás erejét a szakértők kb. 20-40 tonna TNT-ével (trinitro-toluol) egyenértékűnek becsülték, az anyagi kár nagysága pedig mintegy 1,5 milliárd Euró volt. A baleset következményeként Franciaországban és az egész Európai Unióban széleskörű vita indult a kockázatbecslés és kockázatkezelés szabályozásának elégtelenségéről. Ez végül egy új francia törvényhez és az európai irányelvek módosításához vezetett.

Az ilyen történeteket hallva sokakban megfogalmazódik az a kérdés, hogy ha ennyire veszélyes egy anyag, akkor miért nem tiltják be teljesen a gyártását. Egyébként is: miért van szükség erre a rengeteg műtrágyára és egyéb kemikáliára, amit használunk, ha olyan sok kárt okoznak, amiről nap, mint nap hallunk a médiából? Vagy egyáltalán, miért nem zárják be az összes vegyi üzemet, amik szennyezik a környezetet, sőt néha még az emberek életét is veszélyeztetik?

Feladatok:

1. lépés: Gyűjts össze az interneten, nyomtatásban, ill. a mezőgazdasági boltokban vagy nagyobb áruházakban fellelhető információkat a jelenleg magyarországi kereskedelmi forgalomban kapható műtrágyákról! **Derítsd ki** mindegyik általad megismert műtrágya legfontosabb jellemzőit:

- Milyen kémiai összetevőket tartalmaznak?
- Milyen szempontok alapján tudnád őket csoportosítani?
- Milyen kiszerezésben kaphatók és azok mennyibe kerülnek?
- Milyen növénykultúra esetén, mikor és hogyan kell őket alkalmazni?
- Milyen munkabiztonsági szabályok vonatkoznak a használatukra?

2. lépés: Gondold végig, milyen általad korábban tanult vagy különböző forrásokból kideríthető kémiai és biológiai ismeretek vonatkoznak erre a témára! (Szükség esetén ehhez használhatod a jelen feladatlap „**A növények tápanyagszükségletéről szóló összefoglaló és gyakorló feladatok**” c. részében megadott internetes forrásokat.) Milyen vegyületek formájában lehetnek jelen valójában ezekben a termékekben a műtrágyák csomagolásán feltüntetett kémiai elemek? Melyik formának mi az előnye és mi a hátránya? Miért van ezekre az anyagokra szüksége a növényeknek? Mi történik, ha a növény nem jut hozzá megfelelő mennyiségben az adott tápanyaghoz? Mi a káros következménye annak (a nyilvánvaló anyagi veszteségen túl), ha főlegesen sok műtrágyát alkalmazunk? Elméleti és gyakorlati ismereteid alapján csoportosítsd a műtrágyákat egy **táblázatban!** A táblázat megszerkesztésekor használd a fentiekben (ld. 1. lépés) készített jegyzeteidet és/vagy egyéb, általad fontosnak tartott szempontokat!

3. lépés: Az összes összegyűjtött információ alapján **válassz ki** az általad megismert műtrágyák közül **egy terméket**, amelynek a megvásárlását **egy általad meghatározott célra** (pl. egy adott típusú talajon fekvő kiskertben, az év egy adott szakában, adott növénykultúra esetén) **a legcélravezetőbbnek** tartod! Gondold végig és indokold, hogy milyen formában (pl. szilárdan szétszórva, adott koncentrációjú oldattal locsolva stb.) kellene ezt a műtrágyát a növények számára biztosítani! Ennek alapján számítsd ki, hogy egy adott nagyságú területre mennyi ilyen műtrágyára lenne szükség, és mennyibe kerülne azt

megvenni! Lenne-e olcsóbb, de valamilyen más szempontból mégis kevésbé előnyös megoldás? Milyen előnyei és hátrányai lennének a természetes eredetű istállótrágya alkalmazásának? Írj minderről egy tömör, de minden lényeges információt és érvet áttekinthető, esztétikus formában megjelenítő **szakvéleményt!**

4. lépés: Tervezz és végezz egyszerű kísérleteket annak bizonyítására, hogy megfelelő mennyiségű műtrágya alkalmazása esetén a növények gyorsabban fejlődnek, mint anélkül, de a túladagolás haszontalan, sőt káros is lehet! (Végezhetsz pl. mustármaggal vagy babbal ún. „csiráztatási tesztek”, de természetesen más is). Határozd meg milyen adatok alapján teszed megállapításaidat és minden tapasztalatodat, valamint **mérési eredményedet gondosan jegyezd fel! Számítógépes alkalmazások segítségével** (táblázat, grafikon és/vagy ábra készítésével) rendszerezd egy **jegyzőkönyvben** az összes mérési adatot és a hozzákapcsolódó magyarázatot!

5. lépés: Olvasd el a növények tápanyagszükségletéről szóló alábbi összefoglalót és gyakorlásképpen oldd meg a hozzájuk kapcsolódó **feladatokat!**

A növények tápanyagszükségletéről szóló összefoglaló és gyakorló feladatok

A következő szövegbe épített gyakorlófeladatok megoldásához sok segítség található az alábbiakban megadott linkeken. Előre felhívjuk azonban a figyelmedet arra, hogy ezeken a weboldalakon jóval több információt találsz a növények tápanyagszükségletéről (az első két esetben magyar, ill. a harmadik linken angol nyelven) mint amennyi számodra jelenleg szükséges. Az egyik feladatod tehát éppen az, hogy felismerd és kigyűjtsd a számodra fontos, a jelen feladatlap sikeres megoldásához szükséges ismereteket:

- http://www.mkk.szie.hu/dep/talt/rg/agrokemia_BSC_levelezo.ppt
- <http://www.tankonyvtar.hu/mezogazdasag/integralt-080904-88>
- [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex6607#potassium](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex6607#potassium)

A XVIII-XIX. század tudományos és technológiai vívmányai az európai népesség nagyarányú növekedéséhez vezettek. Több embernek több élelem kellett, de már nem álltak rendelkezésre újabb, a mezőgazdasági művelésbe bevonható nagy földterületek. A probléma egyetlen reális megoldása tehát a magasabb termésátlagok elérése volt. Sajnos a különféle vetéscserék alkalmazása ellenére sem lehetett adott talajon bizonyos eredményeknél jobbat felmutatni, mivel ez kizárólag a talaj tápanyagszükségletének folyamatos utánpótlásával lehetséges. A szerves trágya korlátozott mennyisége miatt az intenzív mezőgazdasági műveléshez mindenképpen műtrágyázásra volt szükség.

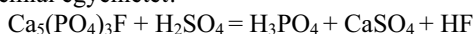
A **nitrogén, a foszfor és a kálium** az a három kémiai elem, amelynek vegyületek formájában való utánpótlása a leggyakrabban szükséges ahhoz, hogy a talaj „ne merüljön ki”. Ezekon kívül persze még számos más (vegyületekben kémiaiilag kötött) elemre is szüksége van a növényeknek. Ezek azonban vagy szinte korlátlan mennyiségben állnak rendelkezésre (mint például a szén és az oxigén a levegő szén-dioxidjában, ill. a hidrogén és az oxigén a vízben), vagy pedig csak kisebb mennyiségben kellenek a növények normális életműködésének fenntartásához (mint a „mikroelemtrágyákban” lévő vas, cink, réz, molibdén stb.).

A meszet, a csontlisztet és a fahamut már kb. kétezer évvel ezelőtt is használták a jobb termés elérése érdekében. A „műtrágyázás” bevezetése azonban egy nagy német vegyész, *Justus von Liebig* érdeme volt. Az ő nevéhez fűződik a Liebig-féle minimum törvény. Ebben kimondta, hogy **a termés nagyságát a növények igényéhez képest minimumban lévő tápelem határozza meg**. Liebig állította elő először 1840-ben a csontliszt „kénsavas

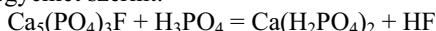
feltárásával” (azaz vízoldható vegyületté való alakításával) a növények foszforigényének fedezésére szolgáló „szuperfoszfátot”. Ez ásványi foszfátok (ún. „nyersfoszfátok”, „apatitok”) kénsavas, foszforsavas vagy salétomsavas kezelésével is gyártható. Liebig találmánya volt az is, hogy az egyik acélgyártási technológia melléktermékeként keletkezett nagy foszfortartalmú, ún. „Thomas salak” is alkalmas (megőrlés után) műtrágyázásra. Hazánkban az első műtrágyagyár 1890-ben létesült Budapesten, ahol szuperfoszfátot gyártottak (<http://mek.niif.hu/01200/01216/01216.htm>).

1. feladat:

a) Rendezd a szuperfoszfát műtrágya fluorapatitból kénsavas feltárással történő előállításának alábbi kémiai egyenletét!



b) A „triplefoszfát”-ot (vagyis „hármasszuperfoszfátot”) szintén apatitokból (pl. fluorapatitból) lehet előállítani, de ebben az esetben foszforsavas feltárást végeznek, az alábbi (szintén kiegészítendő) egyenlet szerint:



c) A triplefoszfát foszfáttartalma tehát nagyobb (mert gipszmentes) és ráadásul (a szuperfoszfáttal ellentétben) nem is higroszkópos (azaz nem vízmegkötő tulajdonságú, tehát a levegőn állva nem csomósodik össze). Ezért a kijuttatása olcsóbb, mint a szuperfoszfáté.

Mit gondolsz, miért állítanak elő mégis szuperfoszfátot is?

d) A műtrágyák hatóanyagtartalmának kiszámításakor a foszfáttartalmat P_2O_5 (foszfor-pentoxid) egyenértékre átszámítva szokták megadni. Ez azt jelenti, hogy annyi foszfort tartalmaz, mintha a megadott tömegszázaléknyi foszfor-pentoxid lenne benne. A foszfor azonban valójában nem foszfor-pentoxidban, hanem más vegyületekben (pl. dihidrogénfoszfát sókban) van kémiaiilag kötve. Erre a fölöslegesen bonyolultnak tűnő foszfortartalom megadási módra azért van szükség, mert az alapanyagtól és az előállítás módjától függően többféle foszforvegyület is előfordulhat egy adott műtrágyában. Ezért a pontos összetétel meghatározása nagyon bonyolult méréseket igényelne. Ezekre azonban nincs szükség, hiszen csak azt akarjuk tudni, hogy mennyi hasznosítható (azaz vegyületeiben kötött) foszfor van bennük, ami viszont elég könnyen mérhető. Mindezek ismeretében számítsd ki, hogy megadható-e helyesen a következő módon a szuperfoszfát összetétele: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$, ha a P_2O_5 -ra átszámított hatóanyagtartalma $w=18\%$! Ha nem jó ez a megadási mód, akkor mely kémiai összetevő(k)ból kell benne az 1:1:1-nél nagyobb anyagmennyiség-arányban lennie?

e) Mennyi lenne tömegszázalékban a $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ képletű triplefoszfát foszfor-pentoxidra átszámított hatóanyagtartalma? Kisebb vagy nagyobb ez, mint a szakemberek által megadott $w=42-52\%$ és vajon miért?

2. feladat:

A nitrogén utánpótlás egyik előnyös formája az ammónium-nitrát műtrágya alkalmazása, de ez számos veszélyt is hordoz magában. Egy weboldalon (<http://mek.niif.hu/01200/01216/01216.htm>) a következőt olvashatjuk az ammónium-nitrátról: „Bár az ammónium-nitrát rendes körülmények között stabil, magas hőmérsékleten számos bomlási reakción megy keresztül. Az alábbi reakciók jelentősek:

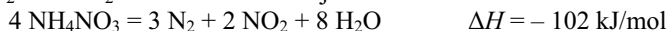
(1) Endoterm disszociáció és a pH csökkenése 169 °C felett:



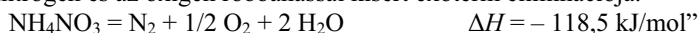
(2) A N₂O exoterm eliminációja 200-260 °C-ra történő óvatos melegítés során:



(3) A N₂ és a NO₂ exoterm eliminációja 230 °C felett:



(4) A nitrogén és az oxigén robbanással kísért exoterm eliminációja.



[A fenti információkat az *N. N. Greenwood* és *A. Earnshaw*: „Az elemek kémiája” c. három kötetes mű Nemzeti Tankönyvkiadó által 1999-ben magyarul megjelentetett változata II. kötetének 601-602. és 636. oldalán található adatok alapján ellenőriztük és részben korrigáltuk. Ebben az „alapműben” a (3) egyenlet nem szerepel. Ennek ellenére ezt megőriztük, mivel egyedül ez magyarázza a nitrogén-dioxid képződését.]

Folytatva a fenti idézetet: „Az ammónium-nitrát tárolásával járó kockázatokat a következő folyamatok határozzák meg. ...Tűzben az ammónium-nitrát valamennyi típusa megolvadhat, és sárga vagy barna színű, mérgező füstök... felszabadulása mellett lebomolhat. ... Az ammónium-nitrát a normál kezeléssel járó sűrűdés és behatások miatt nem robban, de hő hatására, zárt térben vagy pedig nagy erőhatásra robbanhat. A robbanásra való érzékenység számos tényezőtől függ, mint pl. a kémiai összetétel, illetve fizikai paraméterektől, mint pl. a sűrűség, a szemcseméret és a porozitás. A tűz és a robbanás kockázata nagymértékben emelkedik, ha az ammónium-nitrátot éghető vagy nem kompatibilis anyagokkal keverik, mint például fémporok, alkáli fémek, karbamid, króm- és rézsók, szerves és széntartalmú anyagok, kén, nitritek, lúgok, savak, klorátok és redukálószerke (adott anyag redukáló tulajdonságainak megállapításához az adatlapokból lehet tájékozódni).”

a) Miért csökken az (1) reakció során a pH?

b) Helyesen van-e rendezve a (2) reakció egyenlete? (Indoklás lehetőleg oxidációs számok alapján.) Mi a triviális neve és milyen élettani hatásai vannak a dinitrogén-monoxidnak? Felfedezője híres angol tudós volt, akinek korai halálát a dinitrogén-monoxid mértéktelen használatának tulajdonítják. Ki volt ő, milyen más felfedezések és mely találmány fűződik a nevéhez? Mire használják manapság a dinitrogén-monoxidot legálisan és mire illegálisan?

c) Mi okozza a „sárga vagy barna színű, mérgező füstök”-et?

d) Az idézet utolsó mondatából kiderül, hogy az ammónium-nitrát rendkívül sokféle anyaggal léphet reakcióba. Cinkporral is (NH₄Cl katalizátor jelenlétében) nagyon látványos fényjelenséggel járó, erősen exoterm reakcióban elemi nitrogén keletkezése közben reagál. Írd fel, és rendezd a reakció egyenletét! Oxidálószerként vagy redukálószerként viselkedik az ammónium-nitrát?

3. feladat:

A „mészammon salétrom” típusú műtrágyák egyik fajtája a „pétisó”, ami ammónium-nitrát mellett mészkövet is tartalmaz (ez utóbbit jó közelítéssel tekinthetjük kalcium-karbonátnak). A fertilia.hu weboldalon ez olvasható róla: „Előnye, hogy a hozzáadott kalcium-karbonát következtében csökken a robbanásveszély, a műtrágya higroszkóposága és a savanyító hatása is. Azonos arányban tartalmazza a lassabban ható ammónium-nitrogént és a gyors hatást biztosító nitrát-nitrogént, ezért alap- és fejtrágyaként minden talajtípusra és növényi kultúrára egyaránt alkalmazható.”

a) Milyen tömegarányban és anyagmennyiség-arányban tartalmazza a pétisó a két vegyületet, ha a nitrogéntartalma $w=25\%$?

b) Hogyan lehetne „megjósolni” a számolás elvégzése nélkül, hogy az előbbi feladatban a tömeg- vagy az anyagmennyiség-arány nagyobb-e az ammónium-nitrát javára?

c) Magyarországon 1931-ben hozták létre a Magyar Ammóniagyárat és a Műtrágyagyárat, amiket 1933-ban Péti Nitrogénművek néven egyesítettek. Ennek utódja, a péti Nitrogénművek Zrt. 2008-ban naponta 1400 tonna pétisót állított elő. Milyen tömegű NH_4NO_3 -ra és CaCO_3 -ra volt ehhez szükség?

d) Körülbelül milyen térfogatú ($25\text{ }^\circ\text{C}$, 10^5 Pa) nitrogént kell megkötni a levegőből az előbbi feladatban kiszámított mennyiségű ammónium-nitrát előállításához, ha az ipari folyamatok összesített hatásfoka 81% ?

e) Milyen térfogatú levegőben van ennyi nitrogén, ha a levegő nitrogéntartalma kb. $\varphi=78\%$?

f) A világ legnagyobb természetes eredetű kötött nitrogénforrása a Chile partjai mentén mintegy 350 km hosszan és 1,5-2,0 m vastagságban elterülő hatalmas guanó telep, ami sok millió év alatt alakult ki a tengeri madarak magas nitrogéntartalmú ürülékéből („chilei salétrom”, fő komponense a nátrium-nitrát). Ez a nitrogénforrás azonban a XX. sz. elején Németország számára teljesen elérhetetlenné vált, mert az oda vezető tengeri utat az angol hadiflotta elzárta a német hajók elől. Márpedig nitrogénforrásra nemcsak a mezőgazdaságnak volt ekkoriban nagy szüksége, hanem a színezék- és gyógyszeripar mellett a hadiiparnak is. Hiszen például a robbanószerként használatos TNT (trinitro-toluol, azaz „Trotyl”), valamint az ún. „nitro-glicerin” (valójában glicerin-trinitrát, az *Alfred Nobel* által kifejlesztett dinamit hatóanyaga) előállításához is salétromsavra volt szükség. Ezek nélkül pedig Németország nem tudott volna az ismert módon részt venni az I. Világháborúban. Bár a nitrogén a levegőben gyakorlatilag korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre, kémiai reakciókkal vegyületekbe vinni nagyon nehéz. Mi ennek az oka?

g) A fentebb leírtak miatt óriási gazdasági, sőt politikai és történelmi jelentősége is volt annak, hogy a német *Fritz Haber* és *Carl Bosch* sokoldalú technológiai és fizikai-kémiai megfontolások alapján 1913-ban végül megoldotta az ammónia ipari szintézisét. A levegő cseppfolyósítása során nyert nitrogént és a (szén+vízgőz reakciójakor) vízgázból kapott hidrogént vas-oxid katalizátor segítségével reagáltatták. Azonban a hidrogén bedifundálása az acélba nagy nyomáson és magas hőmérsékleten az acél szilárdságát csökkentette, ezért a hideg szintézisgázt a reaktor fala mentén kellett bevezetni. Miért volt szükség nagy nyomás alkalmazására?

4. feladat:

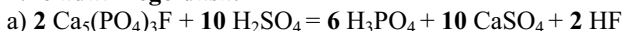
A talaj kálium-utánpótlása sokkal korábban megoldódott, mint a nitrogénhiány. Hiszen például a nagy kőszételek fedősójaként bányászott kálium-klorid viszonylag könnyen elérhető és olcsó megoldást kínált.

a) A fenti szöveg alapján dönts el, és magyarázd meg, hogy a NaCl vagy a KCl vízzeloldhatósága a nagyobb!

b) A „kálisó” előállításához használt (KCl-tartalmú) „szilvin” nevű ásvány az ott található nagy sóbányák miatt Erdélyről („Transsylvania”) kapta a nevét. A „szilvinit” viszont KCl-ot és NaCl-ot egyaránt tartalmaz. A káliumtartalmú műtrágyák hatóanyagtartalmát K_2O -ra átszámítva szokták megadni. (Hasonló okokból, mint amiért a foszfortartalmú műtrágyák foszfortartalmát P_2O_5 -re számítják át.). Milyen anyagmennyiség-arányok között fordulhat elő a KCl és a NaCl a szilvinitben, ha a K_2O -ra átszámított hatóanyagtartalma $w=12\%$ és $w=22\%$ között lehet?

Megoldások, eredmények – számítási feladatok

1. feladat megoldása:



c) Azért, mert **olcsóbb** az előállítása.

d) $M[\text{P}_2\text{O}_5]=142 \text{ g/mol}$ és $M[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4]=234+18+136=388 \text{ g/mol}$ lenne, ami 62 g elemi foszfort tartalmaz. Ez megfelel 142 g P_2O_5 -nak, ami a $w=36,6\%$. Ez jóval nagyobb lenne, mint 18%, tehát az **1:1:1 anyagmennyiség-aránynál jóval több gipsz és/vagy (kristály)víz van a szuperfoszfátban.**

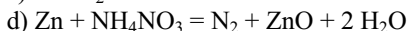
e) $M[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]=234+18=252 \text{ g/mol}$, ami 62 g elemi foszfort tartalmaz. Ez megfelel 142 g P_2O_5 -nak, ami a $w=56,3\%$. Ez nagyobb, mint $w=42-52\%$. A valódi műtrágya feltehetőleg más anyagokat (pl. több vizet) tartalmaz.

2. feladat megoldása:

a) Az ammónia gázállapotban távozik, hátrahagyva a savas kémhatású salétromsavat. A sav jelenléte pedig alacsonyabb pH értékeket eredményez.

b) Igen, helyes. A (-3) és a (+5) oxidációs számú nitrogének szinproporcionálódnak (+1) oxidációs számúakká. Kéjgáznak is hívják, és bódító hatása van. *Sir Humphry Davy* fedezte fel, mint ahogy több alkáli-, ill. alkáliföldfém, halogénelemet és a „Davy lámpát” is. Legálisan a habszifon patronokban használják, illegálisan kábítószerként.

c) A NO_2 .



Az ammónium-nitrát oxidálószerként viselkedik.

3. feladat megoldása:

a) A szükséges moláris tömegek: $M[\text{NH}_4\text{NO}_3]=80 \text{ g/mol}$; $M[\text{CaCO}_3]=100 \text{ g/mol}$;

1 mol, azaz 80 g NH_4NO_3 -ban van 28 g nitrogén

x mol, azaz y g NH_4NO_3 -ban van 25 g nitrogén

$x=25/28=0,893 \text{ mol}$ és $y=25 \cdot 80/28=71,4 \text{ g NH}_4\text{NO}_3$

100 g pétisóban: $100-71,4=28,6 \text{ g CaCO}_3$, ami $28,6/100=0,286 \text{ mol}$.

Tehát $m(\text{NH}_4\text{NO}_3):m(\text{CaCO}_3)=71,4:28,6 \approx \underline{\underline{2,5:1}}$

és

$n(\text{NH}_4\text{NO}_3):n(\text{CaCO}_3)=0,893:0,286 \approx \underline{\underline{3,1:1}}$.

b) Az anyagmennyiség-arányt úgy kaphatjuk a tömegarányból, hogy a megfelelő moláris tömegekkel osztunk. Mivel az ammónium-nitrát moláris tömege kisebb, mint a kalcium-karbonáté, így (mivel esetében kisebb az osztó), az anyagmennyiség-arány nagyobb az ammónium-nitrát javára, mint a tömegarány.

c) Mivel 100 g pétisóhoz 71,4 g NH_4NO_3 kell, 1400 t pétisóhoz **999,6 t NH_4NO_3** -ra van szükség.

d) $\approx 1000 \text{ t NH}_4\text{NO}_3=10^9 \text{ g}:80 \text{ g/mol}=1,25 \cdot 10^7 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3$, amihez ugyanennyi mól N_2 -gázra van szükség, mert:

- Ammónia szintézise: $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$
- Ammónia oxidációja: $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 = 4 \text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$
- Nitrogén-monoxid oxidációja: $2 \text{NO} + \text{O}_2 = 2 \text{NO}_2$
- Salétromsav gyártása: $4 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4 \text{HNO}_3$
- Ammónium-nitrát gyártása: $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$

1 mol NH_4NO_3 -hoz kell 1 mol $\text{N}_2 \rightarrow 24,5 \text{ dm}^3=0,0245 \text{ m}^3$

$1,25 \cdot 10^7 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3$ $1,25 \cdot 10^7 \text{ mol N}_2 \rightarrow 3,06 \cdot 10^5 \text{ m}^3$

Ha a hatásfok 81%, akkor ez $3,06 \cdot 10^5:0,81=3,78 \cdot 10^5 \text{ m}^3 \approx \underline{\underline{378000 \text{ m}^3 \text{ nitrogén}}}$ kell.

e) $3,78 \cdot 10^5 : 0,78 = 4,85 \cdot 10^5 \text{ m}^3 \approx \underline{485000 \text{ m}^3 \text{ levegőben}}$ van ennyi nitrogén.

f) A nitrogén erős, háromszoros kovalens kötése miatt inert gáz.

g) Az ammóniaszintézis egyensúlyra vezető folyamat, ami a keletkezés irányába anyagmennyiség-csökkenéssel jár, ezért a nyomás növelése az ammónia szintézise irányába tolja el az egyensúlyt.

3. feladat megoldása:

a) Ha a KCl van felül, akkor később vált ki, mint a NaCl, tehát a KCl oldhatósága a nagyobb.

b) $M[\text{KCl}] = 74,5 \text{ g/mol}$ $M[\text{NaCl}] = 58,5 \text{ g/mol}$ $M[\text{K}_2\text{O}] = 94 \text{ g/mol}$
 $w = 12\%$ esetén 100 g műtrágyában 12 g K_2O -nak megfelelő kálium van, ami $12/94 = 0,127$ mol. Ez kétszer ennyi mól káliumnak, ill. KCl-nak felel meg: $0,255 \text{ mol KCl}$, ami $0,255 \cdot 74,5 = 19,0 \text{ g}$. A maradék a NaCl: $100 - 19,0 = 81,0 \text{ g NaCl}$, ami $81,0/58,5 = 1,385 \text{ mol}$.

$n(\text{KCl}):n(\text{NaCl}) = 0,255:1,385 = 1:5,43$.

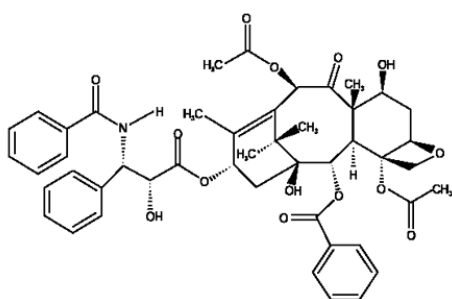
Hasonló megfontolások alapján a $w = 22\%$ **$n(\text{KCl}):n(\text{NaCl}) = 0,234:0,804 = 1:3,44$** aránynak felel meg.

Korunk sámánjai

Problémafelvetés:

Történetünk három főszereplője egy fiatal anya, egy százéves tiszafa és egy pettyes bagoly. Valahol Amerikában (pontosabban az Amerikai Egyesült Államokban) vagyunk, az 1980-as évek végén. Az anya és családja élete teljesen megváltozott, mióta néhány hónappal korábban mellrákot diagnosztizáltak nála. Két kicsi gyereke van, akik még nem is értik, mi a baj, csak érzik, hogy a felnőttek valamitől nagyon félnek. Az orvosok azt mondták, hogy egy *Taxol*® nevű sejtsztódás-gátló szerrel való kemoterápiás kezelés az ilyen betegek kb. 30%-át meggyógyítja. A család persze minden szalmaszálba megkapaszkodna, hogy megmentsék a fiatal nőt a szinte biztosnak tűnő haláltól. Azonban ez a gyógyszer borzasztóan drága, mert nagyon nehéz belőle elegendő mennyiséget megfelelő tisztaságban előállítani. A *Taxol* nevű vegyületet ugyanis ebben az időben csak az oregoni tiszafa (latin neve *Taxus brevifolia*) kérgéből tudták előállítani. Rengeteg fakéregből nagyon kevés anyagot, sok vegyszer fölhasználásával, hosszadalmas és bonyolult eljárások során. A százéves tiszafák azonban elpusztulnak, ha lehántják a kérgüket és ezzel a rajtuk fészkelő pettyes baglyok is elveszítik élőhelyüket. Mivel a csak az USA-ban előforduló rákos megbetegedések kezeléséhez mintegy 360 000 ilyen fát kellett volna évente elpusztítani, valószínűleg néhány év alatt kihalt volna mindkét faj. Ráadásul az utána megbetegedőknek már nem is lett volna honnan kinyerni a *Taxol*-t. E bonyolult molekula tisztán kémiai úton való előállítását viszont rendkívül nehéz és gazdaságtalan. Vajon mit tettek ebben a helyzetben korunk gyógyítással foglalkozó „csodatévő” sámánjai, a természettudós gyógyszervegyészek, farmakológusok, biomérnökök és orvosok?

Ha többet akarunk megtudni a *Taxol*-ról és ezért beírjuk pl. a *Google* keresőjébe, akkor 0,05 másodperc alatt kb. 786 000 találatot jelez... Az angol nyelvű *Wikipedia* azonban egy korrektnek és szakszerűnek tűnő, viszonylag tömör összefoglalót közöl (<http://en.wikipedia.org/wiki/Paclitaxel>), amit elegendő néhány megbízhatónak tartott más forrásból ellenőrizni és kiegészíteni (pl. magyarul innen: <http://www.pharm.u-szeged.hu/phcog/Cikkek/CsF%202004.04.pdf> vagy angolul innen: <http://www.chemheritage.org/educationalservices/pharm/chemo/activity/debate.htm>). Az ezekben található információk lényege az, hogy Amerikában még a múlt század ötvenes éveiben indítottak újjára egy programot, amely során növényekben előforduló gyógyhatású vegyületeket kerestek. Sok ezer növényt átvizsgálva az egyik legígéretesebbnek tűnő anyag a *Taxol*-nak (később *Paclitaxel*-nek) elnevezett alkaloid (azaz természetes eredetű, erős élettani hatással rendelkező molekula) volt, aminek már 1964-ben kimutatták a citotoxikus (vagyis sejtpusztító, ld. <http://www.youtube.com/watch?v=-O0lsJyWFFg>) hatását. 1971-re a tudósok felderítették és egy szakfolyóiratban közölték a rendkívül bonyolult vegyület szerkezetét is (ld. az alábbi ábrán).



A Taxol itt feltüntetett képletét látva azt gondolhatnánk, hogy totálszintézise (vagyis teljes, azaz pl. kőolajszármazékokat kiindulási anyagként használó előállítás) szinte reménytelen. Ennek ellenére kb. 30 kutatócsoport versenyzett egymással a feladat megoldásán. A '90-es évekre mintegy hat különböző eljárást dolgoztak ki a nagytudású és óriási gyakorlattal rendelkező szerves kémikusok. Sajnos azonban a soklépéses totálszintézis összesített kitermelése minden esetben nagyon csekély volt.

Ezért ez az út a szükséges Taxol mennyiség előállítására járhatatlannak bizonyult, inkább a szerves preparatív kémiai alap kutatás számára szolgált érdekes eredményekkel. Egy francia kutatócsoport azonban más irányba indult el. Az Európában is honos közönséges tiszafa (*Taxus baccata*) lehullott tűleveleiből kinyerték a Taxolhoz hasonló 10-deacetylbaaccatin nevű anyagot, amiből már néhány további kémiai lépéssel (azaz ún. „felszintetikus” úton) sikerült előállítani a vágyva vágyott Taxolt. Az eljárást mások továbbfejlesztették, és 1992-re 80%-os kitermelést értek el, amivel a kemoterápiás szer már gazdaságosan gyártható volt. Ezzel sok fiatal rákos nőt lehetett megmenteni a haláltól. (Tegyük fel, hogy az első bekezdésben említett édesanya szervezete legyőzte a rákot a Taxol segítségével.) Manapság a Taxolt sejtkultúrákban állítják elő. A kifejezetten erre a célra kifejlesztett sejtvonalat vizes közegben, óriási fermentáló tartályokban tenyésztik. Ebből nyerik aztán ki a Taxolt olyan módszerekkel, amikhez sokkal kevesebb veszélyes vegyszerre és energiára van szükség, mint a felszintetikus előállításához. A Taxol 2000-ben érte el az eladási csúcst, ami abban az évben 1,6 milliárd(!) dollár jövedelmet hozott a gyártóknak. Manapság generikus (azaz a szabadalmi oltalom által már nem védett) gyógyszernek számít, ezért az ára is csökkent.

Régen a mágusok, sámánok és javasasszonyok a természetben talált növényekben, állatokban, gombákban keresték az emberiséget győtrő, megszámlálhatatlanul sokféle betegség orvosságait. Nem ismerték azonban az ezekben előforduló, elképzeltetetlenül sokféle szerves vegyület szerkezetét. Továbbá szinte semmit nem tudtak az emberi szervezet működéséről. Az általuk használt anyagok élettani hatása is csak az alkalmazás után derült ki. Gyakran a „próba-szerencse” elv alapján kezdtek el használni ezt-azt gyógyításra, az elmeállapot befolyásolására vagy éppen mérgezésre. Így aztán vagy elérték a kívánt hatást, vagy nem. Nagyszámú, szisztematikus (azaz rendszeres) vizsgálatra nemigen volt módjuk, csak alkalmi megfigyelésekre. Gyakran még abban sem lehettek teljesen biztosak, hogy az adott változás tényleg a kezelést okozta és nem valami más tényező. Ezért maguk is babonás hiedelmekre alapozott hittel, ráolvasással és varázslatokkal próbálták befolyásolni a „sorsot”. A nehezen megszerzett, és hosszútávon hasznosnak bizonyuló tapasztalatok átadása pedig szájról szájra, egyik generációról a másikra történt – és általában keveredve a nem a szigorú tényekre alapozott okkult „tudományokkal”. Ez utóbbiaknak valójában persze semmi közük sincs a természettudományokhoz, hiszen az okkultizmus állításait nem igazolják minden szempontból korrekt, kontrolvizsgálatokat is tartalmazó kutatások. Ezért aztán ezek a (nemegyszer „természetgyógyászatnak” álcázott) eljárások teljesen megbízhatatlanok, és csak a kiszolgáltatott, tudatlan emberek kétségbeesését kihasználva maradhatnak fenn. Korunkban az információátadás már fénysebességgel történik. Ez azonban a tudományos és technológiai fejlődés szempontjából nélkülözhetetlen tudás összegyűjtése és felhasználása mellett sajnos az emberi tudatlanságra épülő/építő tévedések és/vagy csalások nagyobb hatékonysággal való továbbadását is elősegíti.

A természettudományos szempontból korrekt kutatások során alkalmazott kontrolvizsgálat annak ellenőrzését jelenti, hogy az adott változást biztosan az alkalmazott anyag vagy eljárás okozta-e. Ezért például a gyógyszerre nyilvánításhoz arra is szükség van, hogy nagyszámú betegnek egyforma kinézetű, de hatóanyagot tartalmazó, ill. hatóanyag nélküli (ún. „placebo”) szert beadva, csak a vizsgált anyagot szedők gyógyuljanak meg nagy számban, a placebo-t kapók nem. A teljes megbízhatóság kedvéért a vizsgálatot szervezők úgy intézik, hogy még a betegek orvosai sem tudják, hogy ki kapott az adott szerből és ki csak a placebo-ból. Természetesen ilyenkor felvetődik az az etikai (erkölcsi) kérdés is, hogy mely betegek kapjanak esélyt a gyógyulásra. Ezért kiválasztásuk véletlenszerűen történik.

Manapság nemigen akad olyan létező, ill. elvileg létrehozható szerves vegyület, amit a vegyészek ne tudnának tisztán izolálni (azaz természetes forrásból kinyerni) vagy mesterséges úton előállítani. Korábban elképzelhetetlenül gyors és hatékony anyagvizsgáló módszerek állnak rendelkezésre a keverékek összetételének, valamint a molekulák szerkezetének meghatározásához is. Sőt, a biokémia, ill. molekuláris biológia fejlődésével óriási tudás gyűlt össze azzal kapcsolatban, hogy mi történik az egyes



szerves anyagokkal az élő szervezetben, mi a szerek hatásmechanizmusa és milyen összefüggésben van ez az adott vegyület szerkezetével. Számítógépekkel lehet az egyes betegségek gyógyítására alkalmasnak gondolt összetételű és térszerkezetű szerves molekulákat tervezni, amelyeket aztán a laboratóriumokban elkészítenek, és hihetetlenül sokféleképpen tesztelnek, hogy elég hatásosak-e és nem mérgezők-e (*in vitro*, azaz az élő szervezetten kívül, tehát pl. Petri csészében sejt kultúrákon, ill. *in vivo*, vagyis élő szervezetben, azaz különféle állatokon, majd egészséges és végül az adott betegségben szenvedő embereken). Az emberi géntérkép ismerete pedig elvből lehetőséget teremt akár az egyedi génhibák kijavítására is. Íme, hogyan fejlődött a gyógyszerkutatás az elmúlt több mint száz évben, ahogy az az Innovatív Gyógyszergyártók Egyesületének honlapján olvasható.

(<http://www.igy.hu/index.php3?sid=11888856241043147247&tract=3&mod=haszn&oneid=21>)

Míndez jelentősen visszaszorította a gyógyszervegyészek (régi korok sámánjaival közös) hagyományos életérzését, miszerint „egy sötét szobában kergetünk egy fekete macskát”. Az élő szervezet azonban továbbra is elképzelhetetlenül bonyolult és ráadásul minden ember testének felépítése bizonyos fokig különböző. Ezért a gyógyszerekre adott reakcióink is eltérőek lehetnek. Tehát az új gyógyszerek kifejlesztése továbbra is óriási kihívást jelent még a jól képzett vegyészek számára is. A fentiekben leírtak miatt a gyógyszerkutatás rendkívül töke-, tudás- és időigényes terület. Egy originális (vagy más néven innovatív) gyógyszer kifejlesztése átlagosan 12-14 évig tart és mintegy 0,5-1 milliárd dollárba, azaz 100-200 milliárd(!) forintba kerül (ld. http://egeszseg.origo.hu/cikk/0736/231235/20070903_originalis_generikus_gyogyszer_generikus_szer_gyogyszerengedelyezes_generikum_hatoanyag_1.htm). A teljes folyamatot vázlatosan a mellékelt ábra mutatja.



Vagyis az a probléma, hogy nagyon hosszú idő alatt, nagyon sok pénzt befektetve is csak nagyon kicsi eséllyel lehet egy teljesen új gyógyszert kifejleszteni. Óriási a sikerelenség okozta pénzügyi csőd kockázata. Ezért aztán az ebbe investáló (befektető) tőkeerős gyógyszergyártók számára muszáj garantálni egy többéves időszakot, amíg a szabadalmaztatott vegyületet csak ők gyárthatják vagy gyártathatják és az

árúsítására monopóliumuk van. Ez alatt az idő alatt a sikeres molekulák kifejlesztői olyan drágán adhatják az adott szert, amennyiért csak hajlandók a beteg emberek vagy a betegbiztosítók megvenni. Ez kegyetlenül hangzik pl. egy halállal fenyegetett rákos ember esetében. Azonban ha nem hagyná az állam, hogy ezek a cégek néhány éven át ún. „extra-profit”-hoz jussanak, akkor senki nem merne ilyen nagy összegű befektetést igénylő, hosszadalmas és kockázatos vállalkozásba kezdeni, mint egy adott betegség gyógyítására szolgáló új gyógyszer kifejlesztése. Gyógyítandó betegség pedig még nagyon-nagyon sok van...

Feladatok:

1. lépés: Válassz ki az otthon található gyógyszerek közül egyet, és próbáld megtudni a történetét, hogy hogyan lett az adott vegyületből gyógyításra használt anyag! **Gyűjtsd össze** a gyógyszer dobozán, az interneten, ill. a gyógyszerértárban róla beszerezhető információkat! Olyan gyógyszert válassz, amelyikről könnyen és sok mindent megtudhatsz! Lehetőleg csak egyféle vegyületet tartalmazó hatóanyaga legyen, aminek a neve és képlete is megismerhető! **Derítsd ki** a legfontosabb jellemzőit:

- Milyen kémiai összetevőket tartalmaz és mi ezeknek a képlete?
- Melyik a kémiai összetevők közül a valódi hatóanyag és mi a többi komponens szerepe?
- Milyen formákban és kiszerelésekben kapható ez a gyógyszer és azok mennyibe kerülnek?
- Milyen betegségek esetén, mikor és hogyan lehet ezeket alkalmazni?
- Milyen mellékhatások fordulhatnak elő a használatakor és mi abban az esetben a teendő?
- Létezik-e Magyarországon egyéb, az általad választottal azonos hatóanyagot tartalmazó, de más néven forgalmazott gyógyszer? Ha igen, akkor az mennyibe kerül és van-e előnye, ill. hátránya az alkalmazásának az általad vizsgált szerrel szemben?

2. lépés: **Gondold végig**, milyen általad korábban tanult vagy különböző forrásokból kideríthető kémiai és biológiai ismeretek vonatkoznak erre a témára! Elméleti és gyakorlati ismereteid alapján csoportosítsd az adott gyógyszerről beszerzett információkat egy **összefoglalóban!** Ennek megszerkesztésekor használd a fentiekben (ld. 1. lépés) készített jegy-

zeteidet!

3. lépés: Az összegyűjtött információk alapján **készítsd el** az adott gyógyszer **történetéről** szóló, rövid (kb. 5-6 perces) **kiselőadás** vázlatát! Természetes vagy mesterséges eredetű? Ki, mikor és hogyan fedezte fel, hogy gyógyító hatása van? Mennyi idő alatt és hogyan került a gyógyszerárak polcaira?

4. lépés: **Érdeklődd meg egy gyógyszerárban, hogy milyen kisserelésben milyen nevű láz- és fájdalomcsillapítók kaphatók ott, és azt is, hogy mennyi az áruk!** A gyógyszerész és/vagy internetes keresés segítségével határozd meg, hogy milyen hatóanyag(ka)t tartalmaznak ezek a szerek, valamint azt is, hogy miből mennyi található bennük adagonként! Foglald össze mindezen információkat egy könnyen áttekinthető **táblázatban**, amely a gyógyszerek árát is tartalmazza! Gondold végig, hogy van-e olyan gyógyszer, amelyet ez alapján nem nagyon érdemes megvásárolni, mert más, hasonló hatóanyag-tartalmú szerek ára (esetleg külön-külön megvásárolva) alacsonyabb!

5. lépés: Oldd meg az alábbi, gyógyszerekkel kapcsolatos szerves kémiai **feladatokat!**

A gyógyszerekhez kapcsolódó szerves kémiai gyakorlati feladatok

1. feladat:

A Taxol ill. Paclitaxel néven forgalmazott kemoterápiás (rákellenes) szer valódi kémiai neve a következő: (1S,2S,3R,4S,7R,9S,10S,12R,15S)-4,12-diacetoxi-15-[[{(2R,3S)-3-(benzoilamino)-2-hidroxi-3- fenilpropanoil]oxi}-1,9- dihidroxi-10,14,17,17-tetrametil -11-oxo-6-oxatetraciklo [11.3.1.0~3,10~.0~4,7~] heptadec-13-en-2-il rel-benzoát. (Így könnyen érthető, hogy a szabályos név használata helyett miért emlegetjük egyszerűen „Taxol”-nak.) A szerves kémiában néhány elemből (ami leggyakrabban csak szén, hidrogén, oxigén és nitrogén, mint a Taxol esetében is) gyakorlatilag végtelen számú vegyület épülhet föl. Nagyon fontos, hogy a nevük alapján ez a megszámlálhatatlanul sok szerves anyag mind-mind egyértelműen azonosítható legyen. Hiszen különben összetéveszthetők lennének, és ugye nem szeretnénk mondjuk egy köhögéscsillapító helyett rovarirtó szert bevenni?! Ezért a szerves kémiai nevezéktanban („nómenklatúra”) szigorú és következetes szabályai vannak, amelyek alapjai minden szerves kémia tankönyv elején megtalálhatók. Ezek alkalmazásával dönts el, hogy helyesek-e a következő vegyületek! Amelyik esetben hibásnak találsz az elnevezést, add meg a vegyület helyes nevét is!

- 4-etil-2,2,5-trimetil-hexán
- 2,5,5-trimetil-3-etil-hexán
- 2,2-dimetil-4-etil-5-butil-hexán
- 1-hidroxi-butánsav
- 3-klór-pent-2-én
- 1,3,4,6-triklór-benzol

2. feladat:

Az *Aspirin* (szabályos nevén acetil-szalicilsav) manapság is gyakran használt láz- és fájdalomcsillapító gyógyszer, de története több ezer éves. *Hippokratész* (a mai orvosi eskü névadója) már az időszámításunk előtti IV. században használta gyógyításra a szalicilsavat tartalmazó, porrá őrölt fűzfakérget. A szalicilsav név ezért a fűzfa latin nevéből, a *Salix*-ből származik. *Johann Buchner*, müncheni gyógyszerészprofesszor 1828-ban egy sárga színű

kristályos anyagot izolált a fűzfa kérgéből, amit szalicinnek nevezett el. 1830-ban *Henri Leroux* francia gyógyszerész ehhez az anyaghoz jobb kitermeléssel jutott a réti legyezőfű (*Filipendula ulmaria*, *Rosaceae*) nevű vadvirágból, melyet akkor még *Spirea ulmaria*-nak neveztek. Innen ered a szalicilsav régi neve: „*acidum spiricum*”, amiből az „Aspirin” szó is származik. 1853-ban *Charles Frederic Gerhardt* acetyl-klorid segítségével szintetizálta az acetyl-szalicilsavat, de gyógyszerként ekkor még nem vezették be. 1874-ben a lipcsei *Hermann Kolbe* kidolgozta a szalicilsav nátrium-fenolátból és szén-dioxidból való gazdaságos ipari szintézisének módszerét. 1875-től gyulladáscsökkentő hatása miatt reumás betegeket kezeltek vele, ill. sóival, a szalicilátokkal. *Felix Hoffmann*, aki 1894-től a Bayer cég laboratóriumában dolgozott, állítólag azért kezdett el foglalkozni a szalicilátokkal, mert édesapja reumáját nátrium-szaliciláttal kezelték az orvosok, de sok kellemetlenséget okozott neki annak a gyomor nyálkahártyáját izgató hatása. Ezért (most már ecetsav-anhidridet alkalmazva) újra előállította az acetyl-szalicilsavat, majd meggyőzte Bayert arról, hogy érdemes ezt az anyagot forgalomba hozni. Az Aspirint először porként árusították, de manapság már főként tablettákban vagy pezsgőtablettákban kapható. Magyarországon az acetyl-szalicilsav kalciumsója (a „Kalmopyrin”) is elterjedt, ami magyar találmány volt.

- Írd fel a szalicilsav Kolbe-féle előállításának egyenletét, amire a fenti szövegben találsz utalást! Milyen funkciós csoport épül így ki a molekulában?
- Mire használják a szalicilsavat, ill. a nátrium-szalicilátot a háztartásban?
- Írd fel és hasonlítsd össze az acetyl-szalicilsav acetyl-kloriddal, ill. ecetsav-anhidriddel való előállításának egyenleteit! Mi ezekben a folyamatokban az azonos és miben különböznek a melléktermékek?
- Hány mól acetyl-szalicilsavat tartalmaz egy 500 mg-os Aspirin tablettá? Hány mg Kalmopyrint kell tartalmaznia egy tablettának ahhoz, hogy ugyanennyi mól acetyl-szalicilsav savmaradék-iont vegyünk vele magunkhoz?
- Az Aspirin tabletták az acetyl-szalicilsav tartalmát úgy lehet a legpontosabban meghatározni, hogy az összetört tablettához főlésslegben adnak ismert mennyiségű nátrium-hidroxidot, és a hidrolízis lejátszódása után a maradék lúgot ismert koncentrációjú sósav mérőoldattal semlegesítik (egy fenolvörös nevű indikátorral jelezve a pH változását, ami savas közegben sárga, lúgos közegben piros). A lúgfőléssleg semlegesítéshez szükséges HCl-mérőoldat térfogatából a tablettá Aspirin-tartalma kiszámítható. (A kvantitatív analízis, azaz mennyiségi elemzés e fajtáját a kémikusok „visszatitrálásnak” nevezik.) Tegyük fel, hogy a dörzsmoszárban elporított Aspirin tablettá tömege 0,6986 g volt, amihez $25,0 \text{ cm}^3$ $0,5023 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatot adtunk. A reakció lejátszódása után az oldatot ioncserélt vízzel többször átöblítve átmostuk (azaz „kvantitatíve átvittük”) egy 250 cm^3 térfogatú mérőlombikba, majd azt ioncserélt vízzel „jelre töltöttük” és jól összeráztuk („homogenizáltuk”). Ebből az ún. „törzsoldatból” 50 cm^3 -es térfogatokat kipipettázva a három párhuzamos meghatározáskor („titráláskor”) $0,1047 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú HCl mérőoldatból rendre a következő térfogatok fogytak $V_1(\text{HCl}) = 13,35 \text{ cm}^3$; $V_2(\text{HCl}) = 13,45 \text{ cm}^3$; $V_3(\text{HCl}) = 13,40 \text{ cm}^3$. Hány tömegszázalék az Asprin tablettá acetyl-szalicilsav tartalma?

3. feladat:

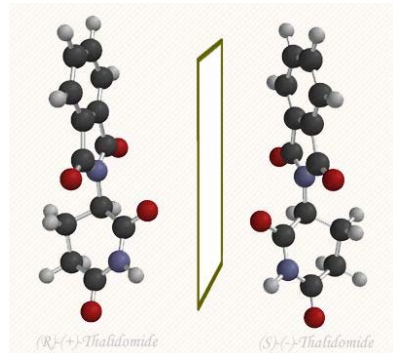
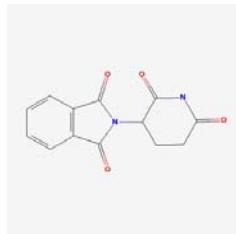
A paracetamol nevű szerves vegyületet többféle láz- és fájdalomcsillapító készítmény is tartalmazza hatóanyagként. Elemanalízise során a következő tömegszázalékos összetételt mutatja: 63,56 % szén, 6,00% hidrogén, 21,17% oxigén és a maradék a nitrogéntartalom.

- Mi a paracetamol tapasztalati képlete?
- A moláris tömeg meghatározásakor kiderült, hogy a paracetamol összegképlete azonos a tapasztalati képletével. Más vizsgálatokból (szerves kvalitatív analízis, azaz minőségi elemzés, amelynek során az adott vegyület funkciós csoportjai azonosíthatók) tudható, hogy a paracetamol egy fenolszármazék, ami amidcsoportot is tartalmaz. Ezt figyelembe véve írd fel az előbbieken kiszámolt képletnek megfelelő összes lehetséges szerkezeti képletet! Nevezd is el ezeket a vegyületeket!
- A paracetamol hatóanyagtartalmat az Európai Gyógyszerkönyv (*European Pharmacopoeia*) szerint ammónium-cérium(IV)-szulfát segítségével kell megmérni. E redoxireakció során 1 mol paracetammal 2 mol ammónium-cérium(IV)-szulfát reagál, miközben Ce^{3+} -ionok keletkeznek. Az Európai Gyógyszerkönyv szerint 1 cm^3 0,1 mol/dm³ koncentrációjú ammónium-cérium(IV)-szulfát mérőoldat 7,56 mg paracetammal ekvivalens (vagyis ennyit mér). Számítással igazold ennek az állításnak a helyességét, ha ismert, hogy 1 mol ammónium-cérium(IV)-szulfát 1 mol Ce(IV)-et tartalmaz! Oxidáló- vagy redukálószerként viselkedik az ammónium-cérium(IV)-szulfát ebben a reakcióban?

$$A_r(\text{C})=12,01; A_r(\text{H})=1,01; A_r(\text{O})=16,00; A_r(\text{N})=14,01; A_r(\text{Ce})=140,12$$

4.feladat:

A gyógyszergyártásban minden idők legnagyobb megrázkódtatását az ún. *Contergan* katasztrófa okozta (ld. még magyarul pl.: <http://www.sulinet.hu/tart/fcikk/Kidc/0/12175/1> és http://h2so4.blog.hu/2008/09/19/a_contergan_bebik_tukre valamint angolul pl.: <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/thalidomide/start.html>). Az 1950-es évek végén egy német cég enyhe nyugtatót kezdett forgalmazni, aminek a hatóanyaga a *thalidomid* nevű molekula volt (a szerkezeti képletét ld. a mellékelt ábrán!). Sok várandós kismama is szedte addig, amíg ki



nem derült, hogy ez a szer okozta a rettenetes születési rendellenességek (végtaghiány, ill. érzékszervi hiányosságok) számának hirtelen megnövekedését. Mire a szert visszavonták, már több mint tízezer ún. „Contergan bébi” született. A thalidomid molekulának ugyanis két változata is van. Az egyik valóban nyugtató hatású, de a másiktól kiderült, hogy teratogén (vagyis a terhesség alatt szedve születési rendellenességeket okoz).

Ez, a mellékelt ábrán látható szerkezetű kétféle thalidomid változat (ún. sztereoisomer, vagy más néven tényszerűen) nagyon nehezen különíthető el (mivel a kémiai reakciók többségében teljesen azonos módon viselkednek), így a Contergan mindkettőt tartalmazta. Manapság viszont ha egy gyógyszernek több ilyen sztereoisomerje is van, akkor azokat hosszadalmas, fáradságos és költséges eljárásokkal szét kell egymástól választani és külön-külön kell vizsgálni a hatásukat és toxicitásukat. (Ez is növelheti egy vegyület gyógyszerre fejlesztésének

költségeit és időtartamát.) Azonban (mint kiderült), a Contergan esetében még ez az intézkedés sem küszöbölte volna ki a teratogén hatást, mivel a szervezetbe kerülve a talidomid egyik változata át tud alakulni a másikká. Ez azonban nem jelenti azt, hogy más anyagok esetében ez az előírás nem hasznos.

- a) Pontosan milyen izomériának nevezik a talidomid esetében előforduló jelenséget és mi okozza ezt?
- b) Melyik szénatom felelős a talidomid fentebb bemutatott kétféle változatának kialakulásáért?
- c) Hogyan nevezzük a kétféle izomert 1:1 arányban tartalmazó elegyet?
- d) Szerinted hogyan lehetséges, hogy a teljesen azonos számú és minőségű atomot, azonos funkciós csoportokba szerveződve tartalmazó kétféle változatnak ennyire különböző a biológiai hatása?
- e) A bevezető történetünkben említett taxol nevű molekulában 11 darab olyan szénatom is van, ami hasonló sztereoizomériát okoz. Számold ki, hány ilyen izomerje keletkezhet ennek a vegyületnek a totálszintézis során! (Ezek közül persze csak egyetlen egy a megcélzott hatásos anyag, tehát elképzelhető, milyen ember feletti erőfeszítést jelent ennek az egynek a tisztán való előállítását!)

„...mert ez műanyag!”

Problémafelvetés:

Egy fiatal nő holttestéhez hívták ki a Cincinnati-i Rendőrséget 2009. december 6-án, vasárnap délután 3 óra 45 perckor (<http://www.wxix.com/Global/story.asp?S=11631029>). A 22 éves áldozatra egy autó első ülésén találtak rá egy parkolóban. A gyanú szerint a 28 éves *Leetae Williams* lőtte le, akinek a letartóztatására ezután kommandósokat küldtek ki. Williams azonban figyelmeztetés nélkül löni kezdett az őt megadadásra felszólító speciális alakulatra. Kétszer fejen találta a *Daniel Kowalski* nevű tisztet, majd egy fejlövéllel végzett magával. A kommandóست az Egyetemi Kórházba szállították és ellátták, de néhány óra múlva már ki is engedték. *Tom Streicher* rendőrfőnök szerint Kowalski életét minden bizonnyal a sisakja mentette meg (ld. a mellékelt ábrán).



2010. május 25-én, pénteken viszont arról adott hírt a Magyar Távirati Iroda (MTI), hogy már legalább 60 halálos áldozatot követeltek a jamaicai fővárosban a biztonsági erők és egy drogbárót védelmező fegyveres gengszterek közötti összecsapások (http://travelline.hu/hirek-friss/20100526_jamaica_haboru_aldozatok.aspx). „A halottak többsége állítólag civil. ...*Bruce Golding* jamaicai miniszterelnök mély sajnálatát fejezte ki a parlamentben a halálesetek miatt, és azt ígérte, hogy a biztonsági erők véget vetnek az anarchiának, és helyreállítják a rendet. A fegyveresek azt akarják megakadályozni, hogy a hatóságok kiadják az Egyesült Államoknak *Christopher »Dudus«* Coke-ot, a hírhedt drogbárót. Több mint ezer rendőr és katona ostromolta meg Coke főhadiszállását, de a bűnözőt mindeddig nem tudták elfogni. *Christopher »Dudus«* Coke ellen New Yorkban kábítószert- és fegyverkereskedelem miatt emeltek vádat. Kingston több negyedében vasárnap rendkívüli állapotot vezettek be, miután a drogbáró emberei több rendőrörsöt is tűz alá vettek, mert tudomásukra jutott, hogy a kormányfő beleegyezett a kiadatásba. A támadók autót raboltak el, és lakásokat fosztottak ki. A fegyveresek barikádokat emeltek, a magasabb épületekről pedig orvlövészek vették tűz alá a golyóálló mellényt és rohamsisakot viselő kormánycsapatokat.” – szólnak a hírek, amiket olvasva feltételezhető, hogy drogbáró emberei is hasonló védőfelszerelést viseltek a lövöldözés során, s ezért volt az áldozatok többsége civil.

De hát milyen anyagból készülhet az a sisak és mellény, amivel túl lehet élni azt is, ha éles löszerrel többször fejbe vagy mellkason lövik az embert?! Nem a természet hozta létre, hanem vegyészek alkották azokat a polimereket, amelyekből az ilyen műanyagok születnek. Legismertebb képviselőjük minden bizonnyal a *Kevlar®* (magyarosan kiejtve: „kevlár”). Sok más műanyaggal együtt ez is az emberiség speciális szükségleteinek kielégítésére szolgál. A kevlárból készült védőruházat könnyebb és vékonyabb, mint a hagyományos anyagból gyártott. Jól állja az extrém hideget és tűzoltáskor, vagy súrlódás közben felmelegedve (pl. fékek anyagaként) a hőt is. Tehát nemcsak az emberi agresszióváltás következményeinek elhárítására készülnek belőle használati tárgyak, hanem nagy mechanikai igénybevételnek kitett sporteszközök, hangszerek, hihetetlenül erős horgonykötelek, csövek és sok minden más, amit szinte lehetetlen felsorolni. A legmodernebbeknek számító „kompozit anyagok” részeként (gyakran üvegszállal, ill. szénszállal kombinálva) elképesztő terhelést kibíró versenyautók, helikopter rotorok, teniszütők stb. gyártására is használják. S ez csak egyfajta műanyag a sokféle közül...

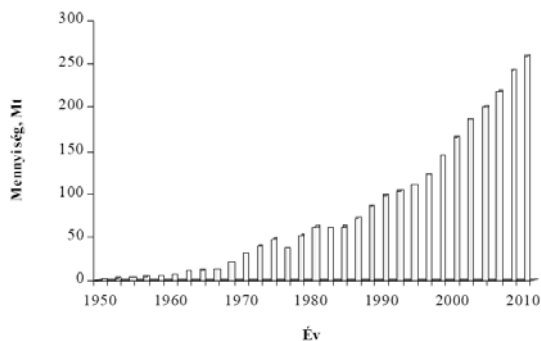
A kémikusok által kikísérletezett és a vegyipar egyik ága által előállított műanyagok kétségtelenül megváltoztatták (sőt, jelenleg is folyamatosan változtatják!) az életünket. Olcsó és tartós tömegáruk készülnek a felhasználásukkal, amiket még a Föld legs-

zegényebb országaiban is sokan meg tudnak vásárolni. Ha körülnéznünk, el se tudjuk képzelni, mi lenne velünk a polimerekből készült edények, bútorok, játékok és sporteszközök, műszalakkal kombinált szövetek és a millió egyéb műanyag, vagy műanyagot is tartalmazó használati tárgy nélkül. „...mert ez műanyag!” - szolt a különféle hasznos tulajdonságaikat bemutató reklám dalocska refrénje. Kitűnő elektromos és hőszigetelők, így a mechanikai hatások mellett védenek az áramütés, a hideg és a meleg ellen is. Nem korrodálódnak, mint a fémek, és nem is rothadnak meg, mint a fa. Alkalmazásuk higiénikus, hiszen csak kivesszük őket a zacskóból vagy a dobozból (vagy éppen ők szolgálnak csomagolóeszközként, pl. italos palackok formájában), s ha már nem kellene, egyszerűen a szemébe dobjuk őket, hiszen általában nagyon olcsók...

Sajnos azonban hosszú távon éppen a műanyagok legelőnyösebb tulajdonságai fordulnak az emberiség ellen. A műanyag hulladékok jó része ugyanis általában nem (ill. csak igen hosszú idő, a becslések szerint több száz vagy ezer év alatt)

bomlik le a természetben. (A biológiailag lebontható, ún. „biodegradábilis” műanyagok viszont esetleg már használat közben el kezdenek lebomlani...) Újrahasznosításukhoz megfelelő gyűjtésre és válogatásra van szükség, aminek a megoldása rendkívüli problémát jelent. Pedig mára már a napnál is világosabb, hogy a műanyag hulladékok felhalmozása a hagyományos módon nem mehet tovább.

A világon évente mintegy 250 millió tonna műanyagot állítanak elő (ld. a fenti ábrát, amely a világ éves műanyagtermelésének növekedését ábrázolja évről-évre, millió tonna egységekben). Ez a jelenleg évente gyártott mennyiség kb. a Balaton víztömegének 1/10-e. Mi legyen az így keletkező szeméthegek sorsa? És mi lesz, ha elfogynak, vagy nagyon lecsökkennek (és ezért elképzelhetetlenül drágák lesznek) a Föld kőolajkészletei, amelyeket a műanyagok előállítására (is) használnak?! Ezekre a kérdésekre természetesen a társadalom a jelen és a jövő kémikusaitól várja a választ. Ők pedig gőzerővel dolgoznak az újabb és újabb anyagok, módszerek és technológiák kifejlesztésén. Például ún. pirolízises kísérleteket folytatnak, vagyis magas hőmérsékleten, levegő kizárásával melegítik a műanyag hulladékokat, hogy visszanyerjék belőlük az alapanyagként újra hasznosítható kismolekulákat.



Feladatok:

1. lépés: Keress otthon vagy egy üzletben olyan **műanyagból készült tárgyakat**, amiknek a címkéjén fel van tüntetve, hogy miből készültek! Minden esetben **jegyezd fel** az adott **polimer** (vagyis a műanyag alkotórészéül szolgáló óriásmolekula) **nevét** és azt, hogy milyen tárgyat állítottak elő belőle! **Gyűjts össze** az interneten, nyomtatásban, ill. a tankönyveidben fellelhető információkat ezekről a polimerekről! **Derítsd ki legalább öt** így megismert polimer legfontosabb jellemzőit:

- a) Milyen monomerekből (azaz kismolekulákból) épül fel?
- b) Milyen kémiai reakció írja le a polimer kialakulását?
- c) Milyen tulajdonságai lehetnek a belőlük előállított műanyagoknak?
- d) Milyen célokra használható tárgyakat készítenek belőlük? (Néhány példa elegendő!)
- e) Milyen kockázatokkal, ill. nehézségekkel jár a belőlük keletkező hulladék kezelése?
- f) Milyen szempontok alapján tudnád az így megismert műanyagokat csoportosítani?

2. lépés: **Gondold végig**, milyen általad korábban tanult vagy különböző forrásokból kideríthető kémiai és fizikai ismeretek vonatkoznak erre a témára! Elméleti és gyakorlati tudásod alapján csoportosítsd a műanyagokat egy **táblázatban**! A táblázat megszerkesztésekor használd a fentiekben (ld. 1. lépés) készített jegyzeteidet és/vagy egyéb, általad fontosnak tartott szempontokat!

3. lépés: **Nézz körül** a környezetben, hogy milyen lehetőségeket találsz a műanyag hulladékok szelektív gyűjtésére! **Járj utána**, hogy mi lesz az így összegyűjtött hulladékok sorsa! Derítsd ki és jegyezd fel, hogy pontosan hol (melyik hulladékfeldolgozóban, -égetőben, -lerakóban stb.) mi történik a hulladékkal! Csoportosítsd az így megszerzett információkat egy általad logikusnak tartott módon! **Írj erről egy tömör**, de informatív összefoglaló **jelentést** a diáktársaid számára!



4. lépés: **Próbáld meg elképzelni**, hogy hogyan fognak élni az emberek akkor, amikor a kőolajkészletek annyira megfogyatkoznak és a technológia annyira fejlett lesz, hogy a műanyag hulladékok feldolgozásával olcsóbb lesz az újabb műanyagokhoz alapanyagot gyártani, mint a föld- vagy a tengerek mélyéről felhozott kőolajból! Milyen módjait tudod elképzelni az újrafelhasználásnak, valamint a mechanikai (fizikai) és kémiai újrahasznosításnak? Ne felejtsd el, hogy ez már a Te életedben (de legkésőbb az unokáid életében) bekövetkezhet! **Írj erről egy sci-fi (science fiction) novellát!**

5.lépés: Olvasd el és **oldd meg** a műanyagokhoz kapcsolódó alábbi **feladatokat!**

A műanyagokkal kapcsolatos gyakorló feladatok

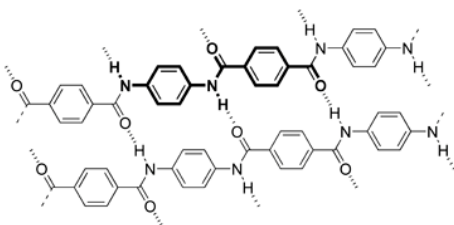
1.feladat:

A kevlár márkanévű műanyagot 1965-ben a *DuPont* cégnél fejlesztették ki (<http://en.wikipedia.org/wiki/Kevlar>). Először az 1970-es években használták (mivel hihetetlenül erős, acélt helyettesítettek vele a versenygumikban). Leggyakrabban azonban fonalakká vagy kötelekké fonva, ill. szövetté szöve alkalmazták. Arról híres ugyanis, hogy ötször nagyobb a szakítószilárdsága, mint az azonos tömegű acélnak. Ugyanakkor (az acéltól eltérően) például horgonykötélként alkalmazva a sós tengervízben sem rozsdásodik. A természetes eredetű anyagok közül szerkezeti szempontból a selyemhez hasonlít, ami szintén arról híres, hogy nagyon erős. (Emlékeztet, hogy a török szultánok régen selyemzsinórt küldtek a kegyvesztett basáknak. Ez nem csak képletesen jelentette azt, hogy jobban teszi az illető, ha saját magát akasztja fel, mintha bevárja a szultán katonáinak érkezését, hanem az erős selyemzsinór ténylegesen is képes lehetett megtartani a – rendszerint túlsúlyos – főurat.)

A régi korok hölgyeinek viszont csak valódi hernyóselyemből készíthettek sikkes harisnyákat. Ez azonban a nők többsége számára teljességgel megfizethetetlen volt. Ezért lett kirobbanó sikere a szintén a *DuPont* cég 27 millió dolláros befektetésével 1932-1935 között kifejlesztett műanyagnak, a nagyon erős *Nylon*-nak (magyarosan ejtve: nejlonnak), amiből 1938-1940 között megszülethetett a nejlonharisnya. Az 1950-es években gyorsan elterjedt a nejlonból készült ruházat használata, hiszen nagyon mutatós, színes textíliákat lehetett belőle készíteni, amelyeket könnyű volt mosni, gyorsan száradtak és nem igényeltek vasalást. Sajnos azonban hamar kiderült, hogy a tisztán nejlonszálból készült szövetek rosszul szellőznek, ezért alsónemüként használva gyakran okoztak gombás megbetegedéseket. Emiatt manapság már leggyakrabban kevert szálak (azaz műanyagot és természetes eredetű anyagot, pl. pamutot is tartalmazó) textíliákat használunk, amelyek maximalizálják ezek előnyeit és (lehetőség szerint) csökkentik a hátrányaikat.

A kevlár szerkezetét vázlatosan az itt mellékelt ábra mutatja.

- Milyen funkciós csoportokat tartalmaz ez a polimer?
- Kémiai szempontból mi a közös a kevlár, a természetes hernyóselyem és a nejlon szerkezetében? Milyen intermolekuláris kötések



- találhatók mindhárom fent említett anyagban? Miben különböznek akkor mégis egymástól? Tehát mi okozhatja azt, hogy a kevlár még a selyemnél és a nejlonnál is erősebb?
- A kevlár fent ábrázolt polimerjét 1,4-fenilén-diaminból és tereftalokloridból szintetizálják. Írd fel ezeknek a vegyületeknek a képletét és a polikondenzációs reakciónak az egyenletét! Mi a reakció mellékterméke?
- A nejlon 6,6 nevű műanyagot hexametilén-diamin és adipoil-klorid (az 1,6-hexándisav savkloridja) felhasználásával gyártják (a kevlár előállításához kémiailag nagyon hasonló reakcióban). Írd fel ezeknek a kiindulási anyagoknak is a képletét és a reakció egyenletét!
- A „nejlon 6” típusú műanyag kiindulási anyaga viszont az ún. ϵ -kaprolaktám. Mi ennek az összeg-, ill. a szerkezeti képlete, ha tudjuk, hogy egy 7 tagú gyűrűben amidcsoportot tartalmazó vegyületről van szó, és

63,72% szenet, 9,73% hidrogént és 12,39% nitrogént tartalmaz? Fel tudnád írni, hogy hogyan képződhet ez egy nyíltláncú, két funkciós csoportot tartalmazó vegyületből? Milyen lehet a belőle előállított polimer szerkezete? Miben különbözik ez a nejlón 6,6-tól?

- f) A selyem fibroin nevű fehérjéjének összetevői a poliglicin és polialanin szálak. Írd fel az glicinből és alaninból képződő dipeptid, ill. az ilyenekből létrejövő polipeptid keletkezésének egyenletét! Mit gondolsz, miért nem az előbb felírt módon, vegyesen tartalmaznak glicint és alanint a selyemben lévő polimerek? Melyik a glicin és az alanin közül a királis aminosav és miért? Milyen a selyem másodlagos, ill. harmadlagos szerkezete?

2.feladat:

A közönségesen „nejlonzacskónak” nevezett csomagolóeszközeink nem nejlónból, hanem polietilénből (vagy szabályos nevén polieténből, rövidítve PE) készülnek. Ez a legnagyobb tömegben előállított műanyag, évi mintegy 80 millió tonnát termelnek belőle. (Már 2008. március 26-án az írta a „*The Independent*” nevű tekintélyes angol napilap „*Science*” rovata (<http://www.independent.co.uk/news/science/polythenes-story-the-accidental-birth-of-plastic-bags-800602.html>), hogy a világon percenként átlagosan 1 millió darab PE zacskót használunk el. Gondoljunk bele, ez naponta $60 \times 24 = 1440$ millió, vagyis majdnem másfél milliárd darab! Bár a polietilén újrahasznosítható, manapság még a legnagyobb része a hulladéklerakókban vagy szélfűtta, tengersodorta szemétként végzi, például a Csendes-óceán északi részén lévő tengeráramlat által kialakított „*Great Pacific Garbage Patch*” (vagyis „Óriás Csendes-óceáni Szemétfolt”) területén. Hacsak nincs erős UV-sugárzásnak kitéve, a PE évszázadokig változatlanul marad (vagyis nem biodegradábilis).



- a) Kb. milyen élhosszúságú kockát töltene be légköri nyomáson és 25 °C-on a jelenleg egy év alatt a világon polimerizált etén?
- b) Ha a polietilén hulladékból ennyire sok van és ennyire nagy környezeti problémákat okoz, akkor milyen tényezők akadályozhatják vajon az újrahasznosítását?
- c) A polietilén előállításához többféle katalizátor is használható. Ezek és az egyéb alkalmazott körülmények (pl. nyomás, hőmérséklet stb.) hatására különféle reakciómechanizmusok szerint más-más típusú polimerek képződnek, amelyek a sűrűségük és a makromolekulák átlagos moláris tömege alapján csoportosíthatók. Mindegyik fajtának megvannak a maga előnyös tulajdonságai. A különlegesen nagy moláris tömegű polietilén (angolul: *ultra high molecular weight polyethylene*, rövidítve: UHMWPE) makromolekuláinak átlagos moláris tömege 3,1 millió és 5,67 millió g/mol közé esik. Számítsd ki, hogy hány monomert jelentenek ezek a határértékek! Az UHMWPE a nagy átlagos moláris tömeg miatt kopásálló polietilénfajta (pl. gépalkatrészek, hentesek húsvágó deszkái és csípő-, ill. térdprotézisek készülnek belőle), de a sűrűsége aránylag kicsi. Mi lehet ennek a szerkezeti oka?
- d) A PEX rövidítéssel jelzett polietilén (*cross-linked polyethylene*, azaz keresztkötésekkel ellátott polietilén) rugalmasan nyújtható. Például vízvezetékek építéskor használják, mivel kitágított állapotban ráhúzható egy fémcsompra, amire aztán összehúzódva rászorul. Melyik természetes eredetű anyaghoz hasonlít ez a műanyag? Mi közöttük a szerkezeti azonosság és mi a különbség?

- e) A VLDPE (*very low density polyethylene*, vagyis nagyon kicsi sűrűségű polietilén) lényegében sok oldalláncot tartalmazó hosszú, egyenes láncokból áll. Ennek gyártását úgy oldják meg, hogy az etént más normál nyíltláncú alkénnel együtt polimerizálják (ezt hívják „kopolimerizáció”-nak). Milyen alkénnel kell kopolimerizálni a kettő, négy- és hat szénatomos (normál láncú) elágazások létrehozásához az etént?
- f) Melyik hazai gyár állít elő nagy mennyiségben polietilént?

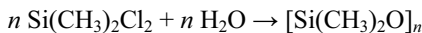
3.feladat:

Szilikonoknak nevezzük az olyan polimereket, amelyek szilícium mellett szenet, oxigént, hidrogént (és alkalmanként esetleg egyéb elemeket is) tartalmaznak. Összetételük és szerkezetük függvényében rendkívül változatos célokra használjuk őket. A népszerű, szilikon-gumiból készült szerv implantátumokon (pl. a mell formáját megváltoztató beültetések) kívül vízzáró rétegeket, ragasztókat, sütőedényeket (pl. muffinsütőket) és nagyon sok más használati tárgyat, illetve építkezéskor alkalmazott anyagot készítenek belőlük. Ez azért lehetséges, mert igen sokféle előnyös tulajdonsággal rendelkeznek. Remek elektromos szigetelők, ellenállnak a hidegnek, a hőnek, az UV fénynek, víztaszító hatásúak, kicsi a kémiai reakciókészségük, alacsony a toxicitásuk (azaz nem mérgezőek), de jó a gázáteresztő képességük stb.

a) Kémiai szempontból ezek az anyagok polimerizált sziloxánok (ún. „polisziloxánok”), amelyek egyaránt tartalmaznak szervetlen és szerves jellegű molekularészleteket. Általános képletük (leegyszerűsítve) így írható: $[R_2SiO]_n$, ahol az „R” olyan szerves csoportokat jelenthet, mint pl. a metil-, az etil- vagy a fenilcsoport. Ezek a szénhidrogén csoportok egy szilícium-oxigén gerinc szilíciumatomjaihoz kapcsolódnak. Azonban nemcsak kétdimenziós, hanem háromdimenziós (azaz térhálós) polimerek is létrejöhetnek. Mely atomok között valósulhatnak meg az ehhez szükséges keresztkötések és miért?

b) Az előző feladatban láttuk, hogy a szénatomokból képződő láncok között is létesülhetnek keresztkötések, s ezért a szilikongumi mellett a természetes gumi, a különféle műgumik, ill. a keresztkötésekkel ellátott polietilén is rugalmasak. Azonban a szén nem képes az oxigénnel váltakozva hosszú láncokat létrehozni. Mi az oka annak, hogy (bár a periódusos rendszer azonos csoportjába tartozó elemekről van szó) a szén és a szilícium oxidjai annyira eltérő szerkezetűek?

c) A poli-dimetil-sziloxánt (PDMS) dimetil-diklór-szilánból állítják elő, a következő kiegészítendő egyenlet szerint:



Mi a folyamat mellékterméke és miért káros ennek a keletkezése? A veszélyes anyag keletkezését úgy lehet elkerülni, ha a dimetil-diklór-szilán klóratomjait acetát-csoportokra cserélik. Mi lesz ilyenkor a melléktermék? (Ennek jellegzetes szagát egyébként magunk is érezhetjük, amikor pl. a fürdőszobában vízzáró réteget létrehozó szilikon szigetelést viszünk fel.)

Betevő adalékanyagaink

Problémafelvetés:

Bizonyára még most is sokan emlékeznek a 2008 szeptemberében Kínában kitört tejtermék botrányra. Az élelmiszerhamisítók a vízzel felhígított tej nitrogéntartalmát többek között melaminnal és cianuronsavval növelték. Azért tették ezt, hogy a minőségellenőrök vizsgálataiban úgy tűnjön, mintha éppen annyi fehérje lenne benne, mint a nem vizezett (hamisítatlan) tejben. (A melamin és a cianuronsav is magas nitrogéntartalmú, viszonylag olcsón előállítható ipari alapanyagok. A melamin nagy tételben használja például a műanyagipar, a cianuronsavból pedig fehérítő-, fertőtlenítő- és növényvédő szereket állítanak elő.) Csakhogy 2008 decemberéig az ilyen tejtermékeket fogyasztók közül mintegy 300 ezer ember betegedett meg, kb. 50 ezer gyermek került kórházba, és hat, hamisított tápszerrel nevelt csecsemő meg is halt. A vizsgálatok veseelégtelenséget mutattak ki náluk (lásd: <http://en.wikipedia.org/wiki/Melamine>). Kiderült ugyanis, hogy a külön-külön nem nagyon ártalmas melamin és cianuronsav együttes előfordulás esetén egy rendkívül rosszul oldódó komplexet képez, ami adott esetben végzetessé váló vesekőképződéshez vezethet. 2009. január 22-én az illetékes kínai bíróság három halálos ítéletet hozott az ügyben, amelyekből kettőt végre is hajtottak. Mindez különösen megdöbbentő annak a ténynek az ismeretében, hogy ezt megelőzően, 2007. márciusában már volt egy nagy botrány ugyanezen két vegyület együttes alkalmazása miatt (egyidejűleg) Észak-Amerikában, Európában és Dél-Afrikában. A gyanú szerint az ily módon hamisított fehérje abban az esetben is Kínából származott, de akkor állateledelekbe került. Nagy gyártó cégek mintegy 5 300 termékét kellett visszahívni, miután a kétségbeesett vásárlók több száz veseelégtelenségben megbetegedett, ill. elpusztult háziállatról számoltak be. Jó hír azonban, hogy Kínában azóta már döntés született a szétaprózott, és viszonylag könnyen kijátszható élelmiszer-minőségellenőrzési rendszer egységesítésére és szigorítására.

Egy másik, de már Magyarországot is közvetlenül érintő emlékezetes eset volt a dioxinos guárgumi miatt 2007 nyarán kipattant botrány (lásd: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Guargumi>). A guárgumi, vagy más néven guármézga az E412 élelmiszeradalék-kóddal jelölt, vízzel duzzadó növényi rost, összetételét tekintve egy (az ember számára emészthetetlen) poliszacharid. A főként Indiában és a vele szomszédos Pakisztánban termesztett guárbab (*Cyamopsis tetragonoloba*) magjából nyerik ki. Rendkívül előnyös tulajdonságokkal bír: használható állagjavítóként és sűrítőszerként (pl. sajtkrémekben, felvágottakban, pudingokban; mivel a víz viszkozitását a közönséges kukoricakeményítőnél nyolcszor jobban növeli), gélképzőként (pl. gyümölcszselében, mivel kitűnő vízmegtartó hatású), valamint olajos és vizes fázist egyaránt tartalmazó emulziók (pl. a majonézok, szószok, ketchupok) stabilitásának növelésére, sőt jégkrémek és sütőipari termékek előállításához is alkalmazzák. Ezért aztán világszerte mintegy 400-800 ezer tonnát(!) állítanak elő belőle évente, amelynek jó részét Észak-Amerikába, Európába, a Közel-Keletre és Kínába exportálják. Baj csak abból származik, hogy a fent említett fő exportőrök olyan fejlődő országok, ahol például egyes, a fejlett országokban már betiltott növényvédő szerek még használatban vannak. Így kerülhetett egy Indiából érkezett guárgumi szállítmányba a rendkívül mérgező dioxin és a szintén veszélyes pentaklórfenol szennyezés. A svájci hatóságok az Európai Bizottságnak küldött figyelmeztetése értelmében a kérdéses guárgumiból gyártott viszkozitásnövelő élelmiszeradalékban ugyanis grammonként 12-156 pikogramm (1 pikogramm = 10^{-12} g) közötti dioxinmennyiséget mutattak ki. Hivatalos uniós határérték külön a guárgumi engedélyezett dioxintartalmára nincs, csak zsírra, mert abban oldódik jól, ezért abban halmozódik fel. (Azért nem lehet egyszerűen zéró határértéket előírni, mert nagyon sokféle emberi tevékenység, sőt egyes

természeti folyamatok során is keletkezik ez az igen lassan lebomló, erős mérég. Gyorsan végighalad a táplálékláncon, ezért főként az állati zsíradékkal vesszük föl. Így, bár elképzelhetetlenül alacsony koncentrációban, de gyakorlatilag minden ételünkben jelen van.) A megengedett, vagyis a szakemberek által komolyabb következmények nélkül elviselhetőnek tartott mennyiség: 6 pikogramm dioxin/gramm zsír. A fent említett, guárgumi-alapú készítményben tehát ennek sokszorosát mérték. Nem ismeretes, hogy hogyan szennyeződhetett az adott guárgumi szállítmány a nagy mennyiségben főként a klórtartalmú vegyületek (pl. növényvédőszer) gyártásakor, lebomlásakor vagy égetésekor keletkező dioxinnal. Mindenesetre a hatóságok az összes olyan árut levették a kereskedőkkel az élelmiszerüzletek polcairól, amelyek esetében fennállt a veszélye annak, hogy a szennyezett guárgumi felhasználásával készült. A végleges, és mindenki számára megnyugtató megoldás azonban csak az lehet, ha az importőr vállalatok a vásárlás előtt megkövetelik a szigorú élelmiszeranalitikai vizsgálatok elvégzését. Ám ez nem olcsó eljárás: India egyetlen, guárgumit is minősítő laboratóriuma tonnánként mintegy 100 ezer Ft-ért végzi el a szükséges méréseket.

A sajtó felkap néha olyan eseteket is, amelyeket alaposabb vizsgálatok elvégzése után a szakemberek rémhírnek vagy egyszerűen csak tudományosan megalapozatlannak minősítenek. Klasszikus példa erre az aszpartám nevű édesítőszer. Több évtizede folyik a harc azért, hogy ennek a vegyületnek az egészségkárosító (pl. agydaganatot okozó) hatását bebizonyítsák. Mint sok-sok egyéb, nagy haszonnal eladható termék esetében a gyártók és a forgalmazók a szer ártalmatlanságát, az ellenérdekelt konkurencia és (az utóbbiakkal nem feltétlenül kapcsolatban álló, de nem is mindig szakszerű és kellően megfontolt módon véleményyt formáló) egészségvédők között valóságos információs háború zajlik. (Egyébként érdekes, hogy ennek tanulságaként az elektronikus levélben küldött (rém)hír e-mail-láncsal való terjesztésének technikáját állítólag már bizonyos kurzusokon tanítják...) Sajnos azonban még egyes kutatók ítéletalkotása is lehet megalapozatlan, ha módszereik vagy az eredmények értelmezése nem felel meg a természettudományos vizsgálatok alapelveinek és a szakma szigorú szabályainak. Ezek ellen az egyetlen védekezési mód az lehet, hogy más szakemberek és kutatócsoportok is megvizsgálják (ha lehet, újra megméri) a kapott adatokat, majd ők is közlik az ezekből (a legjobb tudásuk szerint, minden körülményt figyelembe véve) levonható következtetéseket. Ha egy kutató hamis adatokat vagy helytelen következtetéseket közöl, azzal minimum a saját szakmai jó hírét veszélyezteti, ezért általában elmondható, hogy törekednek a megalapozott és megfontolt ítéletalkotásra. Így járt el az Európai Unió Élelmiszertudományi Bizottsága, az EFSA (*European Food Safety Authority*) is a bolognai székhelyű *Ramazzini Alapítvány* 2005-ös tanulmányával kapcsolatban, amely azt állította, hogy az aszpartám rákos elváltozásokat okozott a vizsgált patkányokon. Az EFSA 2006. május 5-én közzétett állásfoglalása szerint azonban „...*a rendelkezésre álló kutatási eredmények alapján nem bizonyítható, hogy az aszpartám nevű édesítőszer rákot okozna, így nem indokolt a jelenleg érvényben lévő, megengedhető napi bevitt szabályozó érték felülvizsgálata sem*” (ld. http://egeszseg.origo.hu/cikk/0619/568705/nem_bizonyitott_1.htm). Az EFSA-hoz eljuttatott kutatási eredmények vizsgálatakor ugyanis kiderült, hogy a kísérleti állatok nagy részének tüdejében egy krónikus gyulladással járó betegség volt jelen, és ezért „...*a szakértők arra a következtetésre jutottak, hogy a rákos esetek (nyirokdaganatok és leukémia) számának emelkedése nem hozható összefüggésbe az aszpartám fogyasztásával, ellenben valószínűleg kapcsolatban állnak a tüdőben megfigyelt gyulladással reakciókkal. Szintén az eredmények hitelessége ellen szól, hogy semmilyen kapcsolatot nem lehetett kimutatni a növekvő mennyiségű aszpartám adagolása és az állatok erre adott reakciója között.*” (az idézet eredetijét ld. mint fent). Kétségtelen tény, hogy mai civilizációnk átlagembere (tör-

vényes és törvénytelen okokból kifolyólag) rengeteg élelmiszeradalék-anyagot fogyaszt, és hogy ennek nem is vagyunk mindig tudatában. Nagyon nehéz felmérni az egyes adalék-anyagok élő szervezetre gyakorolt hatását (különösen a hosszú távú és együttes hatásokat). Általánosságban jó tanácsnak tekinthető az, hogy igyekezzünk minél több természetes forrásból származó, kezeletlen élelmiszert fogyasztani, ha azok eredete garantálható. Amennyiben módunk van rá, készítsünk inkább házi majonézt, használjunk minél több friss alapanyagot a főzéshez. Azt azonban sajnos tudomásul kell vennünk, hogy egyes élelmiszeradalék-anyagok fogyasztása a mai világunkban már szinte megkerülhetetlennek látszik. A sűrítőanyagok, stabilizátorok, gélképzők, csomósodásgátlók, csomagológázok stb. használatát teljesen mellőző ételek készítésére és fogyasztására ma már nagyon nehéz egy háztartást építeni. Ráadásul a legtöbb élelmiszeradalék-anyag használata (a rájuk nem kifejezetten allergiás vagy érzékeny emberek számára) még nagy mennyiségben sem okoz problémát. Hiszen ezek az Európai Unióban csak szigorú és alapos vizsgálatok után kerülhetnek fel az engedélyezett élelmiszeradalék-anyagok listájára. Az ilyen anyagok ún. „E-számot” kapnak („E”, mint Európa, ld. <http://www.eufic.org/article/hu/elelmiszerbiztonsag-es-minoseg/elelmiszer-adalekok/artid/Nehany-elelmiszer-adalekanyag-bemutatas/>). Sok közülük természetes eredetű és/vagy eleve megtalálható az emberi szervezetben, ill. a természetes táplálékainkban. Másrészt azért ne felejtjük el azt sem, hogy nem minden természetes eredetű anyag egészséges (gondoljunk csak pl. a gyilkos galóca mérgére!). Ezért tehát nem árt értékén kezelni az egészségvédők állításait, és gondosan megvizsgálni, kinek miben van tényszerűen igaza, és hogy korrekt természettudományos módszerekkel végzett kutatásokból levont, logikus és érvényes következtetésekre alapozzák-e amit mondanak. Ennek eldöntése persze egy e területen szakképzettséggel nem rendelkező ember számára lehetetlen. Ezért nekünk, állampolgároknak az az érdekünk, hogy országunkban olyan, hatósági jogkörrel felruházott intézmények működjenek, ahol ezt a munkát megbízható és konzekvens módon elvégzik helyettünk. Ilyen például az Egyesült Államokban a híres „FDA” (*U.S. Food and Drug Administration*), nálunk Magyarországon pedig a Országos Élelmiszerbiztonsági és Táplálkozástudományi Intézet (<http://www.oeti.hu>). Ezek hatékony működéséhez pedig szükség van jól képzett, tisztességes és okos, józanul mérlegelő, és a fogyasztók érdekeit mindig elsődlegesnek tekintő élelmiszer analitikus vegyészekre, biológusokra és egyéb szakemberekre. Az általuk nyilvánosságra hozott szakvéleményekre joggal hagyatkozhatunk az ilyen kényes kérdésekben. Persze, ők sem tévedhetetlenek, és minden rendszer kijátszható, de ennek az esélye – megfelelő körülményekkel – minimálisra csökkenthető. Ez mindannyiunk érdeke, mert valóban nem mindegy, mit eszünk és mit iszunk. A rendszer folyamatos működtetéséhez pedig mindig nagy szükség van sok jó szakember képzésére, akik tudományosan megalapozott és megfontolt döntéseket képesek hozni minden felmerült kérdésben. Ezért ebben a projektben az élelmiszer-adalékanyagokkal és az élelmiszerbiztonsággal fogunk ismerkedni. (További, az ételeink és italaink minőségének ellenőrzésével kapcsolatos szabványvizsgálatok találhatók magyar és angol nyelven pl. a ProBase projekt honlapján: <http://www.compacitypro.nl/ProBaseMenu/tabid/377/Default.aspx>).

Feladatok:

1. lépés: Válassz ki az otthon található, sokféle összetevőt tartalmazó tartós élelmiszerek közül néhányat (minimum ötöt vagy hatot, pl. kekszfélét, gabonapelyhet, ételkonzervet, vajkrémet, majonézt, valamilyen kész szószt vagy mártást stb.), és jegyezd fel, hogy milyen adalékanyagokat tartalmaznak! Ha ún. „E-számokat” találsz, akkor **keresd meg** azok jelentését! **Gyűjtsd össze** az interneten, ill. nyomtatásban az összetevőkről beszerezhető információkat! **Derítsd ki** a legfontosabb jellemzőiket:

- a) Van-e ezeknek az adalékanyagoknak kémiai képlete, vagy keverékekről van szó?
- b) Ha van képletük, akkor mi az?
- c) Ha van E-számuk, akkor mennyi az?
- d) Szerinted mi lehet az oka annak, hogy sok esetben nem a kevesebb helyet foglaló E-számot, hanem helyette inkább a hosszabb nevet tüntetik fel?
- e) Honnan nyerik ki, vagy hogyan állítják elő őket?
- f) Milyen célt szolgálnak az élelmiszerekben és milyen élelmiszeradalék-anyag kategóriába sorolhatók?
- g) Milyen tulajdonságuknak köszönhetik a felhasználásukat?

2. lépés: Gondold végig, milyen általad korábban tanult vagy különböző forrásokból kideríthető kémiai és biológiai ismeretek vonatkoznak erre a témára! Elméleti és gyakorlati ismereteid alapján csoportosítsd az adott élelmiszeradalék-anyagokról beszerzett információkat egy **táblázatban!** Ennek megszerkesztésekor használd a fentiekben (ld. 1. lépés) készített jegyzeteidet!

3. lépés: Keress az interneten olyan E-számokkal kapcsolatos **álhíreket**, amelyek a hivatalos, élelmiszerbiztonsáért felelős hatóságok, ill. intézmények vizsgálatai és közleményei alapján **rémhírnek** minősíthetők! Érdekes példa erre a következő linken elérhető honlap: http://dietakucko.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=96&Itemid=45. Az itt olvasható állítás szerint az E300 jelű aszkorbinsav „*hólyagrát okozott a kísérleteknél (szemben a természetes C-vitaminnal)*”. A természettudományok területén nyilvánvalóan képzetlen (és a helyesírási szabályokkal sem sokat törődő) szerző itt nagyvonalúan mellőzi azt a tényt, hogy az aszkorbinsav maga a C-vitamin. Szegény Szent-Györgyi Albertnek (az egyetlen magyar Nobel-díjasunknak, aki természettudományos témában itthon nyerte el a magas kitüntetést, és egyébként éppen az előbbi állítással összefüggésben!) nyilván nagyon fájna ilyeneket olvasni az anyanyelvén és a saját hazájában... Még érdekesebb, hogy a fenti honlap egy korrekt szemléletmóddal és szakmai hozzáértéssel összeállított, a hivatalosan elfogadott forrásokból merítő másik honlapot (ld. http://www.gunda.hu/e_num/) ad meg az E-számokhoz forrásként. Ez utóbbi portálhoz tartozó „Tücsök és bogár” c. weboldalon (http://www.gunda.hu/e_num/details/esz_10.htm) pedig éppen az olvasható hogy mekkora butaság a C-vitamin nátriumsójáról (a nátrium-aszkorbátról) azt állítani, hogy hólyagrát okoz. Lehet, hogy az erre tévesen hivatkozó honlap-szerző figyelmét csak az (egyébként általa félreértelmezett) állítás ragadta meg, a szakember azt hamisnak minősítő kommentárja már nem... Készíts az általad összegyűjtött legalább két vagy három hasonló rémhírről és azok hivatalos, hatósági forrás(ok)ból származó cáfolatairól egy **összefoglalót!**

3.lépés: Írj a fent összegyűjtött rémhírekből kiindulva egy ismeretterjesztő **cikket** az iskolád újságjába vagy honlapjára, esetleg az osztály faliújságjára! Ebben igyekezz közérthetően elmagyarázni, hogy milyen módszerekkel dolgoznak az ilyen rémhírtérjesztők, mik lehetnek az indítékaik és a működésük célja!

4.lépés: Oldd meg az alábbi, élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos **feladatokat!**

Az élelmiszerbiztonsághoz kapcsolódó gyakorló feladatok

1.feladat:

A „dioxinok” kifejezés kémiai értelemben egy egész vegyületcsaládot takar. Valójában **poliklór-dibenzodioxin** a neve az e csoportba tartozó azon szerves heteroaromás (oxigént tartalmazó) vegyületeknek, amelyekben az 1,4-dioxinhoz csatolt benzolgyűrűk több hidrogénatomja klóratomokkal van helyettesítve. Közülük a legveszélyesebbnek azt a vegyületet tekintik, amelynek a molekulájában a szerves kémiai számozás szerint a vegyület 2., 3., 7. és 8. helyzetében levő szénhez kapcsolt hidrogén van helyettesítve klórral. Ennek a vegyületnek a neve **2,3,7,8-tetraklór-dibenzo-p-dioxin**, vagy 2,3,7,8-tetraklór-dibenzo[1,4]dioxin, ill. az angol névből származó mozaikszóval *TCDD*. Érdekes, hogy a nevében és szerkezetében egyaránt némi hasonlóságot mutató 1,4-dioxánt közönséges laboratóriumi oldószerként használják. Ennek nyilvánvalóan az az oka, hogy egészen más fizikai és kémiai tulajdonságai, ill. élettani hatása van, mint az előbb említett távoli rokonainak.

a) Derítsd ki, mi a hasonlóság és a különbség az 1,4-dioxin és az 1,4-dioxán összetétele és szerkezete között! Milyen (egy felületen első pillantásra aprónak tűnő) különbség okozza tehát a teljesen eltérő tulajdonságokat? Rajzold fel a 2,3,7,8-tetraklór-dibenzo[1,4]dioxin képletét és vedd össze azt is az 1,4-dioxánéval!

b) Keresd meg az interneten vagy a szakkönyvekben, hogy milyen élettani hatásai vannak a „dioxin”-ként emlegetett TCDD-nek és az általában csak „dioxán”-nak nevezett 1,4-dioxánnak! Gyűjts legalább két híres példát arra, amikor a dioxin szennyezést, ill. mérgezést okozott! Keress ezeket az eseteket illusztráló fényképeket is!

c) A dioxin Európában megengedett határértéke 6 pikogramm dioxin/gramm zsír. Hány dioxin molekulát jelent ez egy 250 g tömegű étkezési sertészsír csomagban?

d) 2001-ben egy orvos jelentette egy 30 éves nő esetét (http://hu.wikipedia.org/wiki/Polikl%C3%B3r_dibenzodioxin#cite_note-pmid11564625-15), aki masszív TCDD dózist vett fel, amely vérsziradékában a TCDD koncentrációját 144 ng/g-ra emelte. Ezt eddig a világon a legmagasabb számnak tekintik. Hányszorosa ez a fenti (az EFSA által engedélyezett), az elfogyasztandó zsiradékra megadott határértéknek?

e) A pentaklórfenol egy fatartósító anyag, amit már a világ sok országában betiltottak. Rajzold fel a szerkezetét! Hány izomerje van? Létezhet-e nátriumsója? (Válaszodat indokold meg!)

2. feladat:

A guárgumi az ember számára emészthetetlen poliszacharid. A Wikipédia (<http://hu.wikipedia.org/wiki/Guargumi>) szerint: „A guargumi fő komponense a **guarán**, amely egy **galaktomannán** típusú heteropoliszacharid. A makromolekula gerincét 1-4 kötéssel kapcsolódó β -D-mannopiranozlánc alkotja, ehhez átlag két mannózonként 1-6 kötéssel galaktopiranozil-oldalláncok kapcsolódnak. Egy gauránlánc átlagosan 10 000 alagegységből áll.” ... Vízrel hidrokolloidot képez; mivel nem ionizál (pontosabban: „ionizálódik”), a képződő kolloidra a pH nincs hatással. Extrém pH-kon és magasabb hőmérsékleten viszont bomlásnak indul: míg a molekula pH 5-7 tartományban stabil, erős savak és bázisok hatására hidrolizál, ami egyben a viszkozitás csökkenéséhez vezet. Szénhidrogénekben nem oldódik.” ...”Jellemző rá a tixotrópia (a viszkozitás megváltozása a keverés során), amely 1%-os koncentráció felett jelentős...”

a) Saját szavaiddal, a lehető legrövidebben magyarázd meg, mit jelentenek a következő szavak, ill. kifejezések: „heteropoliszacharid”, „ β -D-mannopiranozlánc”, „hidrokolloidot képez”, „nem ionizál”, „savak és bázisok hatására hidrolizál”. (Ha szükséges, a megértéshez használhatod a Wikipédia azon oldalain lévő magyarázatokat, amelyekre a fenti hiperlinkek mutatnak, de ebben az esetben is értelmezned kell a kifejezéseket!)

c) A szacharidok milyen csoportjába tartozik a guaránt felépítő mannóz és galaktóz? Milyen viszonyban vannak ezek a jól ismert glükózzal? Mi közöttük a hasonlóság és mi a különbség? Hány nyílt láncú izomerje létezik az ilyen konstitúciójú vegyületeknek és hogyan lehet ezt kiszámolni? Mit gondolsz, miért pont a D-glükóz lett az élővilág energiaforalmának alapvegyülete, és nem pl. a mannóz vagy a galaktóz?

d) Magyarázd meg, milyen okokból kifolyólag nem oldódik a guarán szénhidrogénekben!

e) Milyen szerkezeti tulajdonságainak köszönheti a guárgumi azt, hogy jó vízmegkötő, kitűnő gélképző, valamint hatékony emulgeálószerként is használható?

f) A tixotrópia olyan jelenség, amely még vallási csodákkal is összefüggésbe hozható. A Kémiai Panoráma c. folyóirat 3. számában (2010. évf. I. szám, beszerezhető: <http://www.eotvoskiado.hu/kemia/7471-kemiai-panorama-3-szam-2010-evfolyam-i-szam> ; utoljára megtekintve 2010. aug. 30.) Dr. Wajand Judit tollából érdekes cikk olvasható „A nápolyi csoda - San Gennaro vére és a tixotrópia” címmel. Ez arról szól, hogy a hiedelem szerint a kegyes szent vérének tartalmazó ereklyetartókban lévő szilárdnak látszó vöröses anyag évente néhány alkalommal (és mindig éppen a legnagyobb, körmenetekkel is járó ünnepek idején) elfolyósodik. A fentiek segítségével magyarázd meg ezt a sokáig csodának hitt jelenséget!

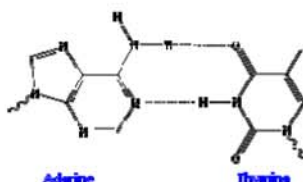
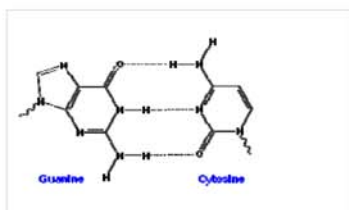
3. feladat:

Keresd meg, és kémiai képlettrajzoló programok (pl. *ChemSketch*) segítségével rajzold fel (vagy egy internetes honlapról másold ki) a melamin és a cianuronsav képletét! A két vegyület által képzett (a fenti bevezetőben már említett) vesekőképződéshez vezető nagyon stabil komplexet hidrogénkötések tartják össze.

a) Magyarázd meg, miért vannak meg itt az intermolekuláris hidrogénkötések kialakulásának feltételei!

b) Maximum hány ilyen kötés jöhet létre egy melamin- és egy cianuronsav-molekula között?

c) Rajzold fel a két molekula szerkezeti képletét a közöttük lévő hidrogénkötésekkel! Melyik természetes makromolekula szerkezeti részletéhez hasonlít ez a komplex? Mi a hasonlóság és mi a különbség?



4.feladat:

A tejtermékek hamisításakor az élelmiszerek minőségét ellenőrző kínai hatóságok megtévesztésének alapja az volt, hogy az élelmiszerek fehérjetartalmára azok nitrogéntartalmából következtettek. Ezt egy olyan szabványvizsgálattal mérik, ami a *Johann Kjeldahl* által 1883-ban kifejlesztett analitikai módszeren alapul. Ennek az a lényege, hogy az ismert tömegű szerves mintát nagyon tömény kénsavas közegben forralják. A bomláskor keletkező ammónia ilyenkor ammónium-szulfáttá alakul. Ehhez az oldathoz tömény nátrium-hidroxid-oldatot adagolva, az így felszabaduló ammóniagázt pl. ismert térfogatú és koncentrációjú sósav-oldatban nyelik el. A művelet befejezése után a maradék sósavat ismert koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldattal „visszatitrálják”. A módszer manapság többnyire automatizált és katalizátorokat is alkalmaznak, azonban az alapja most is a zseniális kémikus által kidolgozott elv (bár ő eredetileg más savat használt az ammónia megkötésére).

a) Írd fel a fent említett reakciók egyenleteit!

b) Mennyi volt a bemért 1,0028 g tömegű élelmiszerminta tömegszázalékos nitrogéntartalma, ha a keletkező ammóniát $15,00 \text{ cm}^3$ $0,5017 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósavoldatban nyeltük el, majd az így keletkezett oldat semlegesítéséhez (az ún. „vak oldat”-ra fogyott mérőoldat térfogatának levonása után) $7,25 \text{ cm}^3$, $0,1005 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-hidroxid-mérőoldat fogyott? (A „vak oldat” azt jelenti, hogy minden műveletet a mintát tartalmazó eleggyel azonos módon végzünk el, csak a mintát nem adjuk hozzá. A szabványvizsgálat kivitelezésének módját ld. angolul a következő weboldalon: http://www.foragetesting.org/lab_procedure/sectionB/3/part3.2.htm).

c) Egy kémiai érdekességekkel foglalkozó weboldalon (<http://www.freeweb.hu/hmika/Erdekes/Html/Tejkemia.htm>) a következő olvasható: „A tehéntej átlagos fehérjetartalma 3,4-3,5%. A tej összes nitrogéntartalmának kb. 5%-a, 30 mg/100 cm^3 nem-fehérje nitrogén, mint amilyenek a szabad aminosavak, a karbamid, a kreatinin, stb. A tej nem-fehérje nitrogén tartalma 16 és 47 mg/100 cm^3 között változik. A tág határ a tej karbamidtartalmának köszönhető, ami az összes nem-fehérje nitrogén tartalom felét teszi ki.” Másrészt a Wikipédia szerint egy tipikus fehérje nitrogéntartalma kb. $w = 10\text{-}12\%$ (http://en.wikipedia.org/wiki/Melamine#cite_note-51). A mindezen adatok alapján elvégezhető számítással becsüld meg, hogy kb. hány gramm melamint kellett az elvárt nitrogéntartalom eléréséhez a csalóknak hozzáadni 100 liter olyan hamisított tejhez, amit úgy kaptak, hogy 75 liter tiszta tejet 25 liter vízzel hígítottak? Miért nem lehet a fenti adatok alapján pontos számításokat végezni?

„Intelligens” és „buta” fémek

Problémafelvétel:

Sajnos mindnyájunkkal előfordulhat, hogy valamely családtagunk (vagy ha már nem vagyunk olyan fiatalok, akkor épp saját magunk) szívében beszűkül, vagy akár el is záródik egy, a vérellátást biztosító fontos ér. Ez legrosszabb esetben a szívizom elhalásával járó infarktushoz vezethet, ami köztudottan életveszélyes állapot. (A szív- és érrendszeri betegségek aránya a halálozások okai között Magyarországon még a világlátnál is magasabb, ami az általában igen stresszes és mozgásszegény életmódnak, valamint a hagyományosan egészségtelen táplálkozási szokásoknak köszönhető.) Az ilyen helyzetek elkerülése érdekében persze mindenkinek kötelessége és elemi érdeke a megelőzés, a helyes szokások és életmód kialakítása. Azonban a már létrejött akut betegség esetén – a drámai következmények elkerülése érdekében – az orvosok elsődleges feladata a szív ereinek tágítása, áteresztőképességük növelése. Az ilyenkor alkalmazott egyik megoldás az lehet, hogy egy egyenes fémdrótot vezetnek óvatosan a szűk érszakaszba, amely ott aztán spirállá tekeredik, így belülről szétfeszítve eltávolítja egymástól a veszélyesen beszűkült érfalakat. Ezzel az életveszélyes állapot megszűnik, s a beteg új esélyt kap arra, hogy végig gondolja, hogyan is lenne érdemes élnie a továbbiakban. De vajon honnan tudja ez az „intelligens” fém, hogy pont ott, pont akkor és pont olyan alakúvá kell változnia?

Aztán vannak persze kevésbé okos fémek is. A vas szénvel alkotott ötvözete, a közönséges acél a XIX. századi ipari forradalom főszereplője (hogy ne mondjuk „sztárja”) volt, s ma sem tudna az emberi civilizáció létezni nélküle. Megszámálhatatlan mennyiségben készülnek belőle az emberi munka könnyítésére vagy kiváltására szolgáló szerszámok és gépek, a nehéz terhek mozgatására szolgáló különféle járművek, a vasbeton épületek, hidak, tartószerkezetek vázai. Lehetetlen felsorolni, hányféle formában és célra használjuk a jó minőségű acélt. Hiszen megfelelő kezelés (ún. „edzés”) után nagyon erős, hajlékony és rugalmas, rengeteg megpróbáltatást kibír. Gondoljuk csak el, a Japánban lévő *Akashi Kaikyō Bridge* nevű acél függőhíd két alátámasztó pillére között 1991 m a távolság! Tokióban pedig a többszáz méter magas vasbeton felhőkarcolók ugyan erősen kilengtek, de azért nem dőltek össze a 2011 márciusában Japán partjai közelében bekövetkezett, a Richter-skálán 9-es erősségűnek mért, és az írott történelem negyedik legpusztítóbb erejű földrengésének mondott katasztrófa idején sem. Az acél tehát modern kori erős Atlaszként tartja a vállán a világunkat. Csak hát azt nem tudja, hogy nem lenne szabad „szóba állnia” a nedves levegővel. Így a közönséges acél felületén (pláne ha kint van az esős időben) viszonylag gyorsan csúnya, vörösesbarna rozsdá keletkezik. Ez nem egyszerűen esztétikai probléma, hanem életveszélyes is lehet. Ugyanis a porózus szerkezetű rozsdá (ellentétben az alumínium felületén kialakuló tömör védő oxidréteggel) továbbra is áteresztí a nedvességet és a levegőt. Ezért aztán egy rozsdás acélrúd esetében kívülről nézvést sose tudjuk megmondani, mennyi még a könnyen lepergő rozsdá alatt az erős acél. Ha nem teszünk ellene semmit, az „izmos”, de „buta” acél folyamatosan fogy, és vastartalma könnyen porló-málló rozsdává alakul. Ekkor megtörténhet, hogy eljön a pillanat, amikor a híd váratlanul összeomlik, mint ahogyan az Minneapolisban történt 2007. augusztusában. A Mississippi folyón átívelő híd központi, 150 m hosszú eleme a délutáni csúcsgorgalomban zuhant a mintegy húsz méterrel alatta lévő folyóba. A rajta éppen áthaladó járművek utasai közül 13-an meghaltak, sokan súlyosan megsérültek, s ráadásul az anyagi kár is óriási volt. Még most is lehet a szerencsétlenségről készült videofelvételeket találni az interneten (pl. <http://www.ende.hu/video/f6c699b223c61b1b5ab8>).

Ezért tehát az „erős, de buta” acélt az embernek kell óvnia. Csak az Egyesült Államokban évente 10-100 milliárd dollárra becsülik a korrózió által okozott károk nagyságrendjét (He-

ti Világgazdaság, HVG, 2007. október 20., 51. old.). Elképzelni is nehéz azonban azt az összeget, amit az egész emberiségnek minden évben a különféle, vasból és acélból készült tárgyak, ill. szerkezetek korrózióvédelmére kell költenie. Az 1889-es világkiállításra 7300 tonna öntöttvasból készült Eiffel-torony 220 ezer négyzetméteres felületét például a karbantartási szabálykönyv szerint 7 évente 3 rétegben speciális festékekkel kell lekenni, méghozzá hagyományos „pemzlivel”, nehogy egy pöttynyi hely is védőréteg nélkül maradjon (HVG, 2007. október 20., 52. old.). Ez nagy baj, amelynek igazi oka (ha a továbbiakban eltekintünk a fentebb alkalmazott tréfás megszemélyesítéstől) sajnos a vas és a rozsdá kémiai és fizikai természetében (azaz a vas negatív standardpotenciáljában és a rozsdá lyukacsos, porózus szerkezetében) rejlik. Ebből kifolyólag csak a kémikusok képesek eldönteni, hogy melyek a vas- és acéltárgyak megvédésére a leghatékonyabb, ill. a legolcsóbb korrózióvédelmi módszerek. Ezekről a kérdésekről, valamint sok más, fémekkel kapcsolatos hasznos információról és érdekességről is szól ez a projekt.

Ha rápillantunk a periódusos rendszerre, akkor azt látjuk, hogy a benne található elemek túlnyomó többsége fém. Erre minden valószínűség szerint már az általános iskolai kémia-tanárunk felhívta a figyelmünket. Továbbá arra is, hogy a legkönnyebben úgy lehet megkülönböztetni a fémeket a nemfémektől, hogy a fémek jól vezetik az elektromos áramot és a hőt. Jellemzőnek szoktuk még tekinteni a jellegzetes fémes fényt és az általában jó megmunkálhatóságot jelentő mechanikai tulajdonságokat (bár ebben már vannak kivételek, pl. a higany szobahőmérsékleten folyadék). Ezzel azonban nagyjából vége is a hasonlóságok nem túl hosszú sorának. Tapasztalataink szerint ugyanis a fémek (és pláne ötvözetek) rendkívül különböző kémiai (és részben fizikai) tulajdonságokkal rendelkeznek. Képzelnék csak el, mi történe, ha például nátriumból próbálnánk ástót készíteni vagy hidat építeni, esetleg arany vagy ezüst helyett kalciumból csinálnánk az ékszereinket... Ahhoz, hogy eldöntsük, melyik fém mire alkalmas, nagyon kell tehát ismernünk a fémek fizikai és kémiai tulajdonságait, különben könnyen pórul járhatunk.

A történelem hajnalán persze ez a kémiai tudás még nem volt az emberiség birtokában. (Most pedig még természetesen nem tudjuk azt, amit néhány évtized múlva magától értetődőnek veszünk. Épp ennek az új tudásnak a megszerzéséhez van szükség arra, hogy minden generációban okos és tehetséges fiatalok vegyék át a stafétabotot a kémia tudományában is a tapasztaltabb idősebb nemzedéktől.) Gondoljuk csak meg, miből készítette az ősember a szerszámaikat és a fegyvereit? Főként kőből és fából. Nem butaságból vagy nemtörődomségből, hanem azért, mert nem ismerte a fémeket. Mi volt ennek az oka? Egyszerűen az, hogy a nemes- vagy félnemes fémeknél (aranyánál, ezüstnél, platinánál, réznél) nagyobb reakcióképességű fémek igen ritkán találhatók meg a természetben elemi állapotban. Ha valaha képződtek is, az adott földtörténeti kor körülményeinek, és/vagy a Föld oxidatív légkörének köszönhetően, az idők során vegyületekké alakultak. Viszonylag kis elektronegativitásuk miatt azonban a fémek gyakorlatilag csak elektronjaik egy részét leadva, pozitív oxidációs számmal képesek vegyületekbe lépni. Vagyis vegyületeikből kiindulva az elemi állapotú fémek csak elektronfelvétellel, azaz redukcióval állíthatók elő. Manapság ez nem nagy ügy, hiszen erős redukáló hatású anyaggal (pl. szén, ill. szén-monoxid) vagy (nehezen redukálható fémionok esetében) megfelelően nagy feszültségkülönbséget, ill. áramerősséget alkalmazó elektrolízissel még a legmegátalkodottabb (azaz legkisebb elektronegativitású) fémek, mint pl. a nátrium és kálium ionjai is rábírhatók arra, hogy elektronfelvétellel elemi fémmé alakuljanak át. Volta 1800-ban megkonstruált híres oszlopa előtt azonban nem tudtak az emberek a folyamatosan végezhető elektrolízishez eléggé stabilis, hosszan fenntartható feszültséget előállítani. Addig tehát a fémek vegyületeikből való előállításához maradtak a redukálószerrek, s azok közül is főként a legközöségsébb: a szén.

A szénnek több előnyös tulajdonsága is van a fémek előállítására szempontjából. Egyrészt égése exoterm, tehát ha egyszer meggyújtottuk, akkor folyamatosan képes szolgáltatni az adott kémiai reakciókhoz szükséges aktiválási energiát, ill. szükség esetén a „reakcióhőt”. Másrészt nem csak a fémek közvetlen redukciójára képes (azáltal, hogy elvonja belőlük az oxigént), hanem a belőle képződő szén-monoxid is jó redukálószer. Hiszen oxigén felvételével (ill. azáltal, hogy a benne lévő szén elektronokat ad át az oxigénnek) széndioxidá alakul. Ráadásul a szén-monoxid gáz és nem szilárd anyag, mint maga a szén. Ezért a szén-monoxid minden ki résbe eljut, s ha megfelelő a hőmérséklet és nem túl reaktív (azaz nem nagyon negatív standardpotenciálú) a fém, akkor redukálni tudja a fém oxidját elemi fémmé. Ez a folyamat minden bizonnyal megvalósulhatott az ősember ételének elkészítéséhez, ill. melegedéshez használt tűzében is. Hiszen a tűzrakáshoz használt fa tökéletes égése során (ha a tűz belsejébe nem jutott a tökéletes égéshez elegendő oxigén) faszén alakult ki, amelynek izzásakor (részben a magas hőmérsékleten szintén keletkező szén-monoxid hatására) fémek keletkezhetnek a különféle fémvegyületeket, ill. fémérceket tartalmazó kőzetekből.

Egyszerű, nyílt lánggal égő tűzben azonban nem lehetett vasat előállítani, mert nem volt hozzá elég magas a hőmérséklet. Ez az oka annak, hogy a vaskorszak csak a réz, majd az azt követő bronzkorszak után következhetett a történelemben. (Ezért sokáig csak a meteoritok formájában Földre hullott elemi vasat ismerte az ember. Emiatt hívták a vasat ekkoriban „mennyei fémmek”). De miért nem elégedett meg vajon az emberiség a rézzel? Végül is tetszetős, vöröses (nem sárga, mert a sárgarézt már a réz és a cink ötvözeteként készü!) a színe, félnemesfémként aránnyal kevésbé reakcióképes (bár a nedves és szén-dioxidot is tartalmazó levegőn zöldes színű patina borítja be). Igen jó hővezető, tehát jó minőségű edényeket lehetett belőle készíteni (bár ecetes étel például nem tartható benne, mert az ecet oxigén (azaz levegő) jelenlétében a fehérjéinket irreverzibilisen kicsapó rézionokat old ki belőle). Jó elektromos vezetését akkor még nem ismerték, de erre akkoriban nem is volt igény. Szerszámnak és fegyvernek azonban elég gyatra volt a réz, hiszen nem volt elég kemény, tehát viszonylag könnyen elhajlott, kicsorbult. Ez munka közben is kellemetlen lehetett, de egy élet-halál harcban végzetes is... Sajnos általánosan is megállapítható, hogy a hadiipar mindig motiválóan hatott a technika fejlődésére. Hiszen a mindenkori hatalmasok általában még több anyagi javat biztosító még nagyobb hatalmat akarnak. Ezt pedig direkt vagy indirekt erőszakkal szerzik meg embertársaiktól. E céljuk eléréséhez rendkívül fontos, hogy a kor fejlettségi szintjéhez képest a létező legmodernebb haditechnika birtokában legyenek. Ezért az ilyen fejlesztéseket végzők munkájának támogatására nagy anyagi áldozatokat is képesek hozni – persze mondanunk sem kell, hogy – az alattvalóik, ill. adófizetőik pénzéből. Megállapítható, hogy a történelem során csak a szereplők változtak, és a technika fejlődött, az emberi alaptermészet egyáltalán nem. Csak konszenzusos alapon hozott és szigorúan betartatott törvények, meg a nyilvánosság állhatnak ideig-óráig az útjába. Szóval a rezes (az olvasztással előállított és megmunkált ezüsttel és arannyal együtt) többnyire inkább díszítésre, és a gazdagság jelképeként használták. Emiatt nagy eredmény volt, amikor föl tudta váltani a réz ónnal alkotott ötvözetét, a bronz. Hiszen ez már jóval keményebb, erősebb volt a réznél, sokkal több megpróbáltatást kibírt. Fegyveres harcban vagy vadászat idején azonban a bronzfegyverek is gyakran cserben hagyhatták tulajdonosaikat. Legalábbis erre vall az a tény, hogy amikor az emberiség végre megtanult a (a tűzbe nagy mennyiségű levegőt juttató fűjtatók segítségével) a vasgyártáshoz is elegendően magas hőmérsékletű tüzet élesztetni, a nyersvasból, majd az acélból készült eszközök gyorsan kiszorították bronz alapanyagú elődeiket.

A faszénes redukcióval nyert nagy széntartalmú nyersvasnak is voltak a bronzhoz képest előnyös tulajdonságai (pl. nagy szilárdság és kopásállóság), de az igazi áttörést a belőle

előállított acél hozta. A hajlékony, rugalmas és erős (tehát fegyver- és szerszámkészítéshez ideális) acélt a szénttartalom csökkentésével és a rácsszerkezet átalakításával állították elő a nyersvasból. Ehhez többszöri felmelegítéssel és lehűtéssel, valamint mechanikai hatásokkal (pl. kalapálással) rendezték át a benne elhelyezkedő atomokat úgy, hogy azok nagy erőhatás után se váljanak szét egymástól, hanem ehelyett „visszaugorjanak” a régi helyükre. Ez abban nyilvánult meg, hogy egy jó acélpenge általában nem eltörött, csak meghajlott még igen nagy erő hatására is, majd annak megszűnése után visszapattant eredeti helyzetébe. Egy éles, kemény és gyakorlatilag törhetetlen acélkard számtalanszor menthette meg a gazdája életét az olyan harcban, ahol az ellenfélnek csak rosszabb minőségű fegyvere volt. Sajnos a nedves levegőtől persze óvni kellett, hiszen (mint Petőfi írja híres, „A magyar nemes” című versében) a rozsdá képes volt szétmarni a jó minőségű (de még nem rozsdamentes) acélkardot is.

Az ókori és középkori fémmunkások tapasztalata szerint azonban a különböző helyeken bányászott ércekből sajnos igen különböző minőségű fémeket lehetett csak előállítani. A damaszkuszi és a svédacél hírnevét például nemcsak az alapozta meg, hogy a kor legfejlettebb technikáját alkalmazták az előállításukhoz. Jó acélt csak bizonyos eredetű vasérből tudtak akkoriban előállítani. Ma már tudjuk, ennek az az oka, hogy egyes szennyezőanyagok (pl. a foszfor- és kéntartalom) rideggé és törékennyé teszi a vasat. Ezek az elemek (maguk is savképzők lévén) az egyszerű szenes redukció útján nem távolíthatók el a vasból. Csak valamely bázikus salakképzővel (például mészkővel, amiből magas hőmérsékleten égetett mész lesz) képeznek sókat (ahogy Thomas erre végül rájött a XIX. században). Ezt azonban az ókorban és a középkorban még nem tudták. Mint ahogy többnyire híján voltak annak a tudásnak is, hogy az egyes vasércet által kis mennyiségben tartalmazott más (ma már ötvöző elemnek nevezett és tudatosan alkalmazott) fémek miatt rendelkeznek bizonyos acélok igen kedvező és ritka tulajdonságokkal (pl. nagyon nagy keménység, rozsdamentesség stb.). Meglehet azonban, hogy már az ókorban is akadtak kivételek. India fővárosában, Újdelhiben például már mintegy 1600 éve áll egy hétméteres és hattonnás, *Visnu* isten tiszteletére emelt vasoszlop. Ez (a speciális éghajlaton túl) minden valószínűség szerint nagy tömörségének és sajátos elemösszetételének (pl. alig található benne kén és magnézium, de viszonylag magas a foszfortartalma), valamint a felületén képződött passzíváló hatású magnetit rétegnek (amely a legtömörebb vas-oxid) köszönheti időtállóságát (http://en.wikipedia.org/wiki/Iron_pillar_of_Delhi). Érdekes, hogy ebben az esetben a nyersvas magas foszfortartalma (az akkoriban még nem alkalmazott lúgos salakosító anyag hiánya mellett) az előállításához használt speciális, nagy foszfortartalmú fafajtából készült faszénnek is köszönhető. Az indiai kovácsok nem tudhattak a foszfor szerepéről (tekintettel arra, hogy a foszfort mint elemet csak 1669-ben fedezte föl az alkímista *Hennig Brand*). Ám azt nyilván észrevették, hogy az adott fafajtából készült faszénnel nagyon tartós vas állítható elő. Akkortól kezdve pedig, amikor a józanabb gondolkodású embereknek már világszerte meggyőződésévé vált, hogy az előállított fém minősége nem az istenek szeszélyeinek, hanem az ércek alkotóelemeinek függvénye, a kémikusok tudatosan törekedtek arra, hogy meghatározzák, mely anyagokból és pontosan mennyit tartalmaz a kibányászott nyersanyag. Ezzel pedig kezdetét vette a minőségi és mennyiségi elemzés (idegen eredetű szóhasználattal a kvalitatív és a kvantitatív analitika) máig vezető diadalútja. Nem véletlen, hogy *Torben Bergman* és *Jöns Jakob Berzelius* munkássága nyomán éppen Svédország lett ennek egyik korai fellelője, hiszen a svédacél kitűnő minőségét már akkor is biztosítani kellett.

S persze természetesen életbevágóan fontosak lettek a megbízható analitikai módszerek a nemesfémek és a nemesfémércet összetételének elemzésekor is. Emiatt a Selmecbányai Bányatiszti Akadémia laboratóriumi gyakorlati képzései a XVIII. században világhírűek

voltak, így például a Párizsban később bevezetett oktatási módszerek mintájául is ezek szolgáltak. Ennek oka az volt, hogy Magyarország évszázadokon át vezető szerepet töltött be az európai nemesfém-bányászatban. Például a XIII. században a kontinensen termelt arany ötthadát, az ezüst egynegyedét adta az országnak ([http://hu.wikipedia.org/wiki/Selmeci Akad%C3%A9mia](http://hu.wikipedia.org/wiki/Selmeci_Akad%C3%A9mia)). Ez természetesen óriási és állandó bevételt biztosított a mindenkori uralkodóknak. A bányák kimerülésével azonban egyre mélyebbről és egyre kisebb nemesfém-tartalmú érceket kellett feldolgozni, s így az analitika szerepe egyre nőtt. Ezzel együtt egyre fontosabbá vált a megfelelő szakemberképzés is. Ezért lett az első állami (és nem egyházi) alapítású oktatási intézmény a fent említett Akadémia elődjeként létrejött bányatisztképző iskola.

Érdekes még, hogy egyes fémek éppen a középkori bányászok által hasznosnak ítélt fémekkel való együttes előfordulásuk miatt kapták a nevüket. Balázs Lóránt például több ezzel kapcsolatos történetet is leír „A kémia története I-II.” c. alpművében (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996.). Ezek szerint például a nikkell (*Kupfernickel* = „rézördög”), a kobalt (gonosz bányamanók – koboldok) és a volfrám (*Wolfram* = „farkasnyál”) neve is a Szász Érchegység völgyeiben dolgozó bányászok szitkozódásaiból született. Hiszen ezek a számunkra már sok hasznot hajtó fémek akkoriban mind csak akadályozták a középkori kohászok munkáját...

Más jellegű probléma volt, hogy az acél iránti igény növekedésével és Európa erdeinek egyéb okokból is bekövetkező fogyásával, a fa és vele együtt a belőle előállított faszén a XVII. századra hiánycikké vált. Ráadásul a faszén (mint azt saját, kerti grillezésekkor gyűjtött tapasztalataink alapján is tudjuk) igen könnyen porlik. Ebből kifolyólag nem lehetett a kohók méretével növelni a termelést, hiszen a faszén összeroskadt a vele összekevert vasérc súlyától. A porszerű, tömör szénrétegbe pedig nem tudott bejutni a levegő (az oxigén), így leállt az égés. A megoldás végül (mint tudjuk) az akkorra már fűtési célokra nagy léptékben bányászott kőszén kokszosítása (vagyis levegőtől elzárva történő hevítése) lett. Erre főként azért volt szükség, mert az egyszerű, nem elég jó minőségű kőszén kén- és foszfortartalma különben tönkre tette a nyersvasat.

A fentiekben a „hasznos” fémek előállításáról beszéltünk, s viszonylag kevés szó esett a csillogó, és a mai napig rendkívül értékes nemesfémről, az aranyról. Pedig évezredekken keresztül élt az emberiség az aranycsinálás, vagyis az alkímia bűvöletében. A kémia történetének első két évezredét jórészt a lelkiismeretes mesteremberek, alávaló csalók, valamint az egyébként nagy tiszteletnek örvendő tudósok és egyházi személyek azon törekvése határozta meg, hogy ezt a hön áhított halványsárga anyagot (meg az örök életet adó Élet Vizét) előállítsák. Pedig akkor még nem létezett a mai elektronikai ipar a maga mobiltelefonjaival és egyéb miniatűr eszközeivel, ezért nemigen lehetett az aranyat semmi hasznos dologra használni. Csak a belőle készült tárgyak szépsége, esztétikuma, továbbá időállósága és viszonylagos ritkasága tette kívánatosá mindenki szemében. Puhasága és jó megmunkálhatósága miatt pedig (a szintén tetszetős és ritka gyémánttal ellentétben) könnyen lehetett igen kis darabokat is felhasználni belőle fizetőeszközként. Ezért aztán az ókor és a középkor alkímistái (és alkalmazói, a világ akkori hatalmasai) oly sok keserű csalódás és ezer meg ezer sikertelen kísérlet után se adták föl az arany előállításához szükségesnek gondolt Bölcsék Kövének keresését. Közülük a minden tapasztalatot becsületesen és módszeresen lejegyzők állhatatos munkája nyomán óriási mennyiségű ismeretanyag gyűlt össze, amely az új kor hajnalán már csak a nagy rendszerezők (pl. *Antoine Lavoisier*, a fentebb már említett *Jöns Jakob Berzelius* és *Dimitrij Ivanovics Mengyelejev*) szabályszerűségeket felismerő tevékenységére várt ahhoz, hogy a kémia értékes, az emberiség életminőségét javító tudománnyá fejlődhessen. Ma már mosolygunk az alkímisták hitén és misztikus hókuszpókuszain, de gondoljuk meg: ők nem tudhatták, hogy az

elemek minőségét az atommagjaikban lévő protonok száma határozza meg, s ennek megváltoztatása pedig csak magreakciókkal lehetséges (sőt természetesen még az atomok létezéséről sem tudtak). A magreakciókhoz viszont olyan nagyságrendű energiaváltozások szükségesek, amelyeket egyszerű laboratóriumi körülmények között nem, csak atomreaktorokban lehet létrehozni. Ezekben persze ma már tényleg tudnánk aranyat előállítani (egy-egy tudósok meg is tették kísérletképpen), de ennek költsége a bányászott arany árának sokszorososa, ezért az atomerőműveket erre semmiképp se érdemes használni. Elődeink, a nagy alkímisták és kémikusok, bármilyen okosak is voltak, nem tudhatták, hogy a kémiai reakciók jó közelítéssel csak az atomok külső elektronjainak játékaként, a közöttük lévő kötések felbomlásaként és új kötések kialakulásaként foghatók föl. Ezért egyetlen kémiai reakcióban sem változik meg a benne részt vevő atomok anyagi minősége (hiszen az sok-sok nagyságrenddel nagyobb energiát igényelne, mint ami egy kémiai reakció során „gazdát cserél”). Ebből persze az következik, hogy mára már teljes bizonyossággal tudjuk, ha bármely kémiai egyenlet egyik oldalán több van az adott atomból, mint a másik oldalon, akkor az még egészen biztosan nincs jól rendezve...

Végezetül pedig térjünk vissza a speciális tulajdonságú fémek, ill. fémötvözetek témájához. Ezeket egyre növekvő számban és számtalan célra használjuk. A könnyűeket járművekhez, a kémiai reakciókat meggyorsítókat katalizátorként, a változtatható ellenállásúakat vagy jó vezetőket elektromos berendezésekben, a rendkívül keményeket pedig hihetetlen teljesítményre képes szerszámokban. Továbbá az ún. „intelligens fémeket” például a szív ereinek kitágítására (amiről már az első bekezdésben is szó esett). Ezek közül az „okos fémek” közül is nagyon sokféle létezik, de a legismertebb a nikkeltitán ötvözet, ami „*Nitinol*” névre hallgat. Ha az ilyen „emlékező fémek” alakját egy kritikus hőmérséklet fölött hozzák létre, akkor hiába változtatják meg a fém (ill. ötvözet) alakját a lehűtés után, az eredeti hőmérsékletre visszatérve újra fölveszi azt a formát, amit ezen a magasabb hőmérsékleten előzetesen kialakítottak. Tehát ha egy ilyen hosszú és vékony fémdarabot pont olyan spirállá tekernek fel testhőmérsékleten, amilyen a szív ereinek a belső átmérője, akkor lehűtve hosszú, egyenes dróttá húzhatják. Ilyen egyenes drót formájában az érben a megfelelő helyre juttatva, ott az majd fölveszi a testhőmérsékleten előzetesen kialakított spirális alakját (<http://www.kfki.hu/chemonet/hun/olvaso/kemia/intell.html>). Mindez annak köszönhető, hogy az ilyen fémek atomjai a hőmérséklet-változás által okozott szerkezetváltozásokor egyszerre, összehangoltan, egy irányba és egyenlő mértékben mozdulnak el, vagyis az összevisszaságot eredményező diffúzió nélkül képesek alakot váltani. (Úgy képzelhetjük ezt el, mintha egy paralelogramma csúcsait egyszerre tolnánk egy irányba, majd vissza. A működés szemléltetéséhez sok videofelvételt találhatunk a YouTube-on. Itt van például egy jó minőségű, angol nyelvű magyarázattal: <http://www.wired.com/wiredscience/2008/01/video-smart-met/>.)

E kis összefoglalóban is láttuk tehát, hogy az emberiség történelme során különböző célokból sok-sok fémeket és azok számtalan ötvözetét állította már elő, s az alkalmazások száma folytonosan növekszik. Néha kemény fém kell, néha lágy, egyszer magas, máskor pedig éppen alacsony olvadáspontú, kicsit vagy nagyon reakcióképes, nagy ellenállású vagy jó vezető, alkalmanként hatékony katalizátornak, esetleg kizárólag szépnak és tartósnak kell lenniük. A fémek pedig, ha eleget tudunk róluk, képletesen és valóságosan is meghajlanak az értelmes akarat előtt. Nem „okosak” vagy „buták”, nem jó vagy rosszindulatúak, egyszerűen nincs személyiségük. Azt és csak azt teszik, ami a kémiai természetükből fakad. Ezt pedig az évezredek tapasztalat alapján nekünk kell megismerni. Mégpedig azért, hogy aztán az embertársaink és saját magunk javára tudjuk az így megszerzett tudást fordítani.

Feladatok:

1. lépés: Válassz ki a fémötvözetek közül egyet, és próbáld megtudni a történetét, hogy ki, mikor, hogyan és miért állította elő először, s változott-e az előállításának módja az idők folyamán! **Gyűjtsd össze** az interneten, ill. nyomtatásban megjelent, róla beszerezhető információkat! Olyan fémötvözetet válassz, amelyikről könnyen és sok mindent megtudhatsz (tehát ne legyen például a pontos összetétele szabadalmi titok)! **Derítsd ki** a legfontosabb jellemzőit:

- Milyen kémiai összetevőket tartalmaz és milyen arányban?
- Van-e a kémiai összetevők közül fő komponens, és ha igen, akkor mi a többi összetevő szerepe?
- Körülbelül mennyit állítanak elő ebből az ötvözetből évente a világon és Magyarországon?
- Milyen tárgyak formájában találkozhatunk ezzel az ötvözetrel a mindennapi életben, ill. milyen célokra használja ezt az ipar?
- Szükség van-e az esetében korrózióvédelemre, és ha igen, akkor milyen módon, s mi ezen eljárások fizikai-, ill. kémiai alapja?
- Létezik-e hasonló célokra használt más ötvözet? Ha igen, akkor az mennyibe kerül és van-e előnye, ill. hátránya az általad vizsgálttal szemben?

2. lépés: Gondold végig, milyen általad korábban tanult vagy különböző forrásokból kideríthető kémiai és fizikai ismeretek vonatkoznak erre a témára! Elméleti és gyakorlati ismereteid alapján csoportosítsd az adott ötvözetéről beszerezett információkat egy **összefoglalóban!** Ennek megszerkesztésekor használd a fentiekben (ld. 1. lépés) készített jegyzeteket!

3. lépés: Az összegyűjtött információk alapján **készítsd el** az adott ötvözet **történetéről** szóló, rövid (kb. 5-6 perces) **kiselőadás** vázlatát! Ki, mikor és hogyan fedezte fel? Mi az összetétele? Milyen kedvező és hátrányos tulajdonságai vannak? Mire használjuk és mennyibe kerül?

4. lépés: Nézz utána, hogyan, milyen analitikai módszerek használhatók az általad választott ötvözet pontos összetételének meghatározására! A kémia tanárod útmutatásai alapján, valamint internetes keresés és/vagy könyvtárzás segítségével **gyűjtsd össze**, hogy hányféle mérési technikát alkalmaztak a múltban, ill. alkalmaznak jelenleg a kémikusok erre! Foglald össze mindezen információkat egy könnyen áttekinthető **táblázatban**, amely az egyes mérési technikák igen rövid működési elvét is tartalmazza! Járj utána annak is, hogy mi ezeknek a technikáknak a kimutathatósági határa és írd be ezeket az adatokat is a táblázatba! **Gondold végig**, és a táblázatban feltüntetett előnyök és hátrányok segítségével magyarázd meg, milyen okai lehetnek annak, hogy az analitikusok nem mindig a legérzékenyebb, legalacsonyabb kimutatási határú módszereket alkalmazzák!

5. lépés: Oldd meg az alábbi, fémekkel kapcsolatos **feladatokat!**

A fémekhez kapcsolódó kémiai gyakorló feladatok

1. feladat:

„A mobiltelefonok és hordozható számítógépek után az autópárt is meghódíthatja az akkumulátorokban használt ezüsthévíz fém, a lítium.” – adta hírül 2009. június 20.-i

számának 75. oldalán a HVG. „A kőzetekből, illetve sós tavak vizéből nyert lítium előretörését fékezheti ugyanakkor, hogy nem tudni, akad-e elég belőle a várhatóan hatalmas igények kielégítésére.” – olvasható a cikk egy másik bekezdésében. Az illusztrációként szolgáló fényképen fehér kristályos anyaggal kevert homokkupacok láthatók, és a képaláírásban a „Lítiummező Bolíviában” kifejezés szerepel.

a) Miért készíthető más fémekhez viszonyítva nagy elektromotoros erővel jellemezhető áramforrás a lítium alkalmazásával? Állításodat számszerű összehasonlítással is indokold és részletesen magyarázd meg!

b) Elemként vagy vegyületként fordul-e elő a lítium a természetben? Miért? Hogyan lehetne pontosítani a fent idézett képaláírást?

c) A természetben előforduló lítium nem alkalmas a fenti áramforrások gyártására. Milyen formában használható fel, és miért van ez így? Mi mindent kell tenni a „lítiummezőn” talált anyaggal, hogy ténylegesen felhasználható legyen az áramforrásokban? Írd le röviden a tisztítási folyamat és a gyártás elvét, de szabályos néven nevezve a részfolyamatok minden egyes lépését!

2. feladat: Egy nátrium-kálium ötvözet 3,26 grammját 1,00 dm³ vízben oldva 1225 cm³ standard- standard nyomású és 25 °C hőmérsékletű hidrogéngáz fejlődik. Számold ki az ötvözet tömegszázalékos és anyagmennyiség-százalékos összetételét! $V_m = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$; $A_r(\text{Na})=23,0$; $A_r(\text{K})=39,1$

3.feladat: Egy alumíniumot, rezet és magnéziumot tartalmazó ötvözet 2,390 grammját sósavban oldva 1,96 dm³; nátrium-hidroxid-oldatban oldva pedig 0,735 dm³ standard nyomású és 25 °C hőmérsékletű hidrogéngáz fejlődik. (Minden szobahőmérsékleten lehetséges reakció teljes egészében lejátszódik.) Számítsd ki az ötvözet tömegszázalékos és anyagmennyiség-százalékos összetételét! $V_m = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$; $A_r(\text{Al}) = 27,0$; $A_r(\text{Cu}) = 63,5$; $A_r(\text{Mg})=24,3$

4. feladat: A káliumnak 24 ismert izotópja létezik, de a természetben csak három izotópja fordul elő, a következő tömegszázalékos összetételben: $w(^{39}\text{K}) = 92,97\%$, $w(^{40}\text{K}) = 0,01\%$ és $w(^{41}\text{K}) = 7,02\%$. Mennyi a kálium relatív atomtömege?

„Kiegyensúlyozott” véleményalkotás

Problémafelvetés:

– *Most akkor lúgosítsak vagy ne lúgosítsak?* – teheti fel magának a látszólag egyszerű eldöntendő kérdést az egyszeri honpolgár, akinek sikerült eddigi tanulmányait megalapozott természettudományos műveltség és gondolkodásmód elsajátítása nélkül megüsznia. A tanácsstalanságának oka egyik oldalról a médiában és minden elképzelhető reklámfelületen elhelyezett, lúgosító hatású tablettákat, vizet, ill. utóbbi előállításra alkalmas víztisztító készülékeket népszerűsítő reklámok áradata. Mindezek nagy lelki nyomást fejtenek ki rá azon állítás hangoztatásával, hogy testünk savassága (szinte) minden betegség alapja. Így (a formális logika szabályai szerint) ezek elkerülésének vagy gyógyításának érdekében a szervezetünket „lúgosítani” kell. Ez tiszta ábrának tűnik, hiszen még általános iskolai tanulmányainkból ismerősen cseng, hogy a savakat a lúgok semlegesíteni tudják. Ha pedig a savasság a probléma (ennek változatos, de mindenképp súlyos és elrettentő hatású következményeit az egyes reklámok hosszan ecsetelik), akkor lúgosítsunk, és máris megoldódik!

Másfelől azonban emberünk feltehetően nyitott szemmel jár a világban. Saját, ill. mások kárán (remélhetőleg) azt már megtanulta, hogy az utóbbi évtizedekben gombamód szaporodó, ilyesmi termékeket árusító cégecskék megjelenésének és gyors gazdagodásának legjobb táptalaja az emberi tudatlanság és hiszékenysége. Ezért (bár a téma kémiai és biológiai alapjaihoz kicsit sem ért), a józan esze és jól fejlett szkepticizmusa azt súgja neki, hogy ha egy ilyen csábítóan egyszerűnek tűnő megoldásért súlyos ezreket vagy tízezreket kell fizetnie, akkor lehet, hogy tulajdonképpen átvágásról és „pénzlehúzás” akcióról van szó, amelynek egyetlen igazi célja a terméket áruló cég tulajdonosainak könnyű és gyors meggazdagodása. Most akkor mit tegyen? Megbetegedni nem szeretne, de csalók áldozata sem akar lenni. A válasz kereséséről (is) szól ez a projekt.

Ennek a témának a kapcsán ugyanis arra látunk majd példákat, hogyan alkalmazhatók a kémia órán az egyensúlyokról (ezen belül is elsősorban a sav-bázis egyensúlyokról) és az egyensúlyok eltolásáról tanult ismeretek a mindennapi életben, pl. az általános téveszmék leleplezésére és megcáfolására. Ezen kívül a projekt feladatainak megoldásakor szükség lesz a kémiában és biológiában a témakörökben tanultak együttes alkalmazására (azaz integrálására) is, hiszen a projekt során gyakran éppen a két tudomány határterületén mozgunk. A bevezető szöveg nem tekinti feladatának a kémiai egyensúlyokról tanult ismeretek összefoglalását, hiszen ez minden olyan tankönyvben megtalálható, ami a témával foglalkozik, és onnan megtanulható, ill. átismételhető.

Először vizsgáljuk meg közelebbről az alábbi, interneten talált idézeteket. (A fájlban szereplő honlapok utolsó látogatásának időpontja minden esetben 2011. ápr. 9. Minden dőlt betűs szövegrészlet a megadott linkeken található weboldalakról szó szerint kimásolt idézet, tehát az összes szakmai, helyesírási és stilisztikai hibát is tartalmazza. Erre annak illusztrálásához van szükség, hogy milyen fokú dilettantizmussal találja magát szemben időnként az interneten gyanútlanul keresgélő ember.)

Itt van például egy cég reklámszövegének egyik olyan részlete, ami a vásárló meggyőzését célozza:

<http://termeszetesvitamin.com/hirlevelek/vizionizalo?gclid=CIfxqNtCj6gCFRWazAodPwRbDA>

„Ha még nem hallott a savtalanításról, vagyis a lúgosítás fontosságáról, akkor tudnia kell, hogy a szervezet sav-bázis egyensúlyának felborulása felel a betegségek kialakulásáért. Ezért az első lépés az egészség megőrzéséhez, esetleg visszaszerzéséhez, a sav-bázis egyen-

súly helyreállítása. Ebben a folyamatban lesz segítségére a tiszta ionizált lúgos víz fogyasztása. Az Aquarion vízionizáló egy olyan víztisztító készülék, amely ionizált, oxigén dús, nehézfémektől és mindenfajta mérgező anyagoktól mentes, ultraszűrt, lúgos vizet állít elő.

A fenti sorok olvasásakor komoly bizalomkeltő hatása lehet a „sav-bázis egyensúly” szóösszetételnek. Ugyanis lehet, hogy sokaknak felrémlik: középiskolában már nemcsak úgy általában a savakról és bázisokról volt szó, hanem arról is, hogy közülük egyesek (a „gyenge savak és bázisok”) „egyensúlyra vezető” reakciókban is részt vehetnek (vagyis olyan reakciókban, amelyekben az oda- és visszaalakulás lehetősége az adott körülmények között egyaránt fennáll és beállhat a kémiai egyensúly). Tehát sav-bázis egyensúlyok esetén a H_3O^+ és a OH^- egyensúlyi rendszert alkot. Másrészt hétköznapi szóhasználatban elfogadható kijelentésnek tűnik, hogy a szervezetet „egyensúlyban kell tartani”, hiszen tudjuk, hogy egészségünk és erőnlétünk megőrzéséhez rendszeres anyagbevitelre és kiválasztásra van szükség. (Persze, valójában itt csak látszólagos egyensúlyról, ún. „homeosztázisról” van szó, mivel testünk a fogantatásunk pillanatától folyton változik. Erről magunk is könnyen meggyőződhetünk, ha egy saját kisgyermekkorú fényképünket összehasonlítjuk a jelenlegi tükörképünkkel.)

Ha azonban egy kicsit elgondolkozunk az első mondat végén, akkor azért az már gyanús, hogy nemes egyszerűséggel „a betegségek kialakulásáért” felelős a sav-bázis egyensúly felborulása. Biztos, hogy nincs más tényező, ami miatt betegségek alakulhatnak ki? Hiszen mindenki hallott már például a rákbetegség kialakulásának veszélyét magában hordozó genetikai mutációkról, amelyek bizonyos „rákkeltő” (azaz karcinogén) anyagok vagy egyes sugárzástípusok hatására jönnek létre. Máskor meg mintha azt mondta volna valaki, hogy a „túlzott sóbevitel” magas vérnyomást okozhat, a kalciumszegény étrend csontritkuláshoz vezethet, a C-vitamin hiány meg skorbuthoz és így tovább. Nyilvánvaló, hogy szervezetünkben szinte elképzelhetetlenül sokféle folyamat zajlik egymással párhuzamosan. A fennakadás nélküli „ügyemenethez” (vagyis a látszólagos egyensúlyi állapot fenntartásához) ezért nagyon-nagyon sokféle anyag legalább közelítőleg helyes arányban való bevitelére van szükség, tehát nem csak a „sav-bázis egyensúlyra” kell ügyelnünk. Ezért minden józan ítélőképességű és logikusan gondolkodó embernek gyanús kell legyen egy ilyen mondat, ami már önmagában is megkérdőjelezi írója szakmai hozzáértését és hitelességét. (Nem is beszélve az idézetben lévő, és szándékosan nem javított helyesírási hibákról.)

Némi kémia- és fizikatudás birtokában pedig elgondolkodhatunk azon, hogyan is lehetne a víz „ionizált”. Az ivóvíz elektrolízise minden hozzáadott anyag nélkül problematikus, mert viszonylag kis oldottanyag-tartalma miatt nem vezeti jól az elektromos áramot. Azonban tételezzük fel, hogy ennek ellenére megpróbáljuk elektrolizálni. E folyamat során egyenlő mennyiségben keletkeznek a víz saját ionjai. Azaz ugyanannyi (a „savasságot növelő”) oxóniumion jön létre az anódon, mint amennyi hidroxidion a katódon. Ugyanis (mivel a víz kifelé nem mutat töltést), érvényesülnie kell az elektroneutralitás elvének. Ezek az ionok, ha a fogyasztáskor összekeverednek, akkor „a víz autoprotolízise”-ként ismert folyamatban újra vízzé egyesülnek, mivel ekkor ismét beáll az aktuális egyensúly a hidroxóniumionok, a hidroxidionok és a vízmolekulák között. Tehát az így fogyasztott vízben nem lesz a hidroxidionból több mint eredetileg volt. Ha a készülék csak a katódtérben keletkező, valóban lúgos kémhatású vizes oldatot ajánlja fel fogyasztásra, az sem nevezhető „ionizáltnak”, hiszen jelen vannak benne a hidroxidionok töltését semlegesítő, a vízben oldott sókból származó kationok. Meglehet, a nagyobb hatás érdekében a fenti szöveg a levegő ionizátor feltételezett áldásos hatásaival szerette volna felruházni a cég

által árult készüléket is. A levegő ionizátor ugyanis valóban egy nagyon kicsi negatív iontöbbletet juttat a körülötte lévő gázba, de semmiképp sem vizes oldatba! (Más kérdés, hogy a levegő ionizátor hatásainak külön alapos vizsgálat tárgyát kellene képezniük.)

Az „oxigén dús” (sic!) kifejezésre nem is érdemes sok szót pocsékolni, mert Riedel Miklós, az ELTE Fizikai Kémia Intézetének tudományos főmunkatársa már többször és több fórumon elmagyarázta, hogy ebben az esetben miért egyszerű átverésről van szó (pl. http://index.hu/tudomany/2011/01/12/atveres_az_oxigenes_viz/). Az oxigén (mint afféle apoláris molekulákból álló gáz) fizikailag csak igen rosszul oldódik a poláris vízben (kémiaileg pedig egyáltalán nem reagál vele). Az oldódás fizikai egyensúlyra vezető folyamat. A csak igen kicsi oldott oxigénmennyiséget biztosító egyensúly még a nagy oxigén túlnyomással való dúsítás befejezése után is gyorsan újra beáll, és így az adott hőmérsékleten, ill. nyomáson „főlősleges” oxigén egyszerűen kibuborékol a vízből. Nem is beszélve arról, hogy az oxigén felvételére kifejlesztett szervünk nem a gyomor, hanem a tüdő. Ezért sajnos az az egyetlen igazán hatásos eljárás, ha szervezetünk oxigénfelvételét a kiadós testmozgás során megszorodó lélegzetvétellel növeljük. Tény, hogy ez jóval kellemetlenebb és bonyolultabb megoldás, mint lehajtani néhány pohár vizet, de hát az élet már csak ilyen...

A „nehézfémektől és mindenfajta mérgező anyagoktól mentes, ultraszűrt” kifejezésen viszont megint érdemes elgondolkodni. Tegyük fel, hogy egy adott pórusméretű berendezés tényleg ki tud szűrni bizonyos nagyságú oldott részecskéket. Mi azonban nem akarunk eltüntetni minden oldott anyagot. Hiszen köztudott, hogy az ivóvízben a testünk normális működéséhez szükséges ionok vannak. Másrészt pedig desztillált vizet fogyasztani nagy butaság lenne, mivel az megbontaná a testünk ozmotikus egyensúlyát, és ha elég sokat innánk belőle, akkor úgy pukkadnának ki a sejtjeink, mint ahogy a cseresznyék repednek meg a sok esőtől. Rajta tehát, gyorsan nézzünk akkor utána például a szervezet számára közzismerten fontos káliumion, valamint néhány (szintén köztudottan) mérgező nehézfémion méretének, és vessük össze az ionrádiuszait! Az atomok és ionok méretéről úgyis tanultunk már a középiskola első évfolyamán:

(<http://www.tankonyvtar.hu/geologia/asvanynevtar-fuggolek-080904-2>)

K^+ : 0,133 nm; Pb^{2+} : 0,120 nm; Hg^{2+} : 0,110 nm; Cd^{2+} : 0,097 nm

Vagyis egy olyan „ultraszűrő”, amely az utóbbi három (valóban mérgező) nehézfémiont kiszűrné, a (többek között az idegpályákon továbbított ingerület vezetésében) igen fontos szerepet játszó káliumiont is eltávolítaná a vízből (s vele együtt még egy csomó más, a szervezet homeosztázisának fenntartásához nélkülözhetetlen iont). Arról nem is beszélve, hogy vízminősítési szabványaink szerencsére egyáltalán nem engedélyezik nehézfémionok jelenlétét az ivóvízben, ezért az illetékes hatóságok folyamatosan és nagyon gondosan ellenőrzik is ezt (<http://www.dtvr.hu/index.php?lang=hu&aaz=1113&faz=4>).

Más cégek nem keverednek ilyen zavaros magyarázatokba, hanem egyszerűen pszichés trükkökkel (alkalminak beállított vételárral és extrának feltüntetett szolgáltatással) csábítják

a vevőket
(http://www.aquaenergy.hu/?gclid=COPYhK_Bj6gCFYeVzAod_0agDA):

„ionizált LÚGOS VÍZ 1,5 literes palackos és 19 literes kiszervezésben - AKCIÓS ÁR, HÁZHOZ SZÁLLÍTÁS”. (Telefonszám és e-mail cím a honlapon. Érdemes figyelni a csupa nagybetűs kiemelésekre.)

A kémiai alapfogalmakat ismerők számára különleges csemegék találhatók még a magukat szakértőnek feltüntetők által működtetett honlapokon is. Például „dr. Balaiça Erika” (akiről persze a doktori cím miatt sokan automatikusan feltételezik, hogy orvos) aláírással

olvasható a következő szöveg:
(http://www.informed.hu/elemod/dieta/reformkonyha/?article_id=44158&prk=73307532)

„Létezik egy olyan technológia, mellyel egészen pontosan meg lehet határozni a vérből, vizeletből és nyálból a pH-t, a testnedvek elektron- és iontartalmát.”

A hozzáértők tudják, hogy pH mérésére valóban létezik (a potenciometria elvén működő) pH-mérő készülék. Sőt, hasonló elven alapulnak a bizonyos ionszelektív elektródok alkalmazásával működtetett, és a kérdéses ionok koncentrációjának meghatározására alkalmas műszerek is. Azonban a testfolyadékokban nagyon sokféle oldott ion van. Ezért gyakorlatilag lehetetlen a koncentrációjukat egyesével megmérni. Lehet, hogy a szerző a vezetőképesség meghatározására gondolt? Akkor miért nem azt írja?

Továbbá nem kerülhetjük meg azt a kérdést sem, hogy vajon hogyan tudnánk meghatározni az említett testfolyadékok „elektrontartalmát”. Az összes „elektrontartalom” kiszámításához minden bennük lévő molekulafajta, egyszerű, összetett és komplexiont, valamint azok pontos számát, ill. az ezeket alkotó atomok anyagi minőségét és számát is ismerni kellene. Mivel elképesztően sokféle és bonyolult összetételű vegyületről van szó, ezekre még igen durva becslést is nagyon nehezen lehetne tenni. Az pedig szakember számára elképzelhetetlen, hogyan is lehetne megmérni az egyes, fent említett részecskékben kötött „elektrontartalmát”. „Szabad elektrontartalom” (azaz olyan elektronok, amelyek a fémeket vezetőkké teszik) viszont vizes oldatokban egyáltalán nincs. Más kérdés, hogy az is felfoghatatlan, vajon miért lenne szükség a vér, a nyál és a vizelet esetében bármelyikféle „elektrontartalom” ismeretére, és hogy mi köze lenne ennek a szervezet „sav-bázis egyensúlyához”. Hiszen a világon mindenféle, közönséges körülmények között létező atomban, ionban és molekulában vannak elektronok... S milyen érdekes, hogy a fenti írás egyetlen irodalmi hivatkozása egy életmódmagazinban megjelent saját cikk (Balaicza, E.; Ideál - Reforméletmód magazin 2003;15(5):46-47 Celsus Kft. 2003-04-30 22:53:04).

Sajnos igen veszélyes embercsoportot alkotnak a természetgyógyászat jószándékú, ám minden tényleges szakmai hozzáértést nélkülöző önjelölt profétái is. Ők feltehetőleg nem haszonszerzés miatt terjesztik a valótlanságokat, hanem azért, mert tudatlanságuk miatt ki vannak szolgáltatva a kóklerek kampányainak, s ezért szent meggyőződéssel hisznek ezekben a „tanokban”. Lássunk egy, a „természetes életmódot” propagáló honlapról vett idézetet

(http://www.termeszeteselemod.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=197:a-ver-es-a-lugositas&catid=43:betegsegek-okai-es-tuenetei&Itemid=87):

„Minden ember számára mond valamit az, hogy a testhőmérsékletünk 37 fokra. Tudja, ha már felmegy 39 fokra, akkor már nagyon rossz valakinek a közérzete, nem is beszélve a 40 fokról. Ideje ugyan így viszonyulnunk vérünk pH értékéhez is. A vér pH értéke Dr. Young nagyon pontosan megmérte: 37.365 (nagyon enyhén lúgos). Ezt a pH értéket tanulnunk kell.”

Tekintsünk el most (az egyébként a szerző általános műveltségéről, ill. inkább műveletlenségéről árulkodó) helyesírási és stilisztikai hibáktól, valamint a kisebb szakmai pontatlanságoktól (hiszen ki lehet találni, hogy a Celsius-fokra gondol a szöveg írója, amikor egyszerűen „fok”-ot emleget)! Ekkor az hámozható ki a szövegből, hogy a szerző egy közismert konkrét példával igyekszik magyarázni a homeosztázis általános alapelvét. (Persze, a 37,0 °C testhőmérséklet már hőemelkedésnek számít, de ne kukacoskodjunk!) A baj csak az, hogy ezt a nagyon fontos elvet saját maga egyáltalán nem érti. Ez éppen abból tűnik ki, hogy szerinte „Dr. Young” (akinek doktori címe és külföldi mivolta jótékonyan növeli az iránta táplált bizalmat – már ha egyáltalán létezik vagy valaha létezett ez az

illető, és foglalkozott a vér pH-jának meghatározásával) „*nagyon pontosan megmérte*”. A homeosztázis elvéből viszont éppen az következik, hogy az egészséges, nyugalmi állapotban lévő, mindenféle szempontból „átlagosnak” tekinthető emberi szervezetben (ami körülbelül olyan absztrakció, mint az „ideális gáz”) is rengeteg folyamat zajlik egyszerre. Mindezek eredőjeként viszont a különféle ionok és molekulák koncentrációja viszonylag keskeny tartományban mozog egy „kvázi egyensúlyinak” tekinthető érték körül, de semmiképp sem állandó! Az angol nyelvű Wikipedia állítása szerint az ezért felelős szabályozó mechanizmusok a vér pH-ját általában a 7,35-7,45 értékek között tartják (http://en.wikipedia.org/wiki/Blood#cite_note-ReferenceA-8). Ennek az állításnak az alátámasztására a Wikipedia a következő két irodalmat idézi:

- Waugh, Anne; Grant, Allison (2007). "2". *Anatomy and Physiology in Health and Illness* (Tenth ed.). Churchill Livingstone Elsevier. pp. 22. ISBN 978 0 443 10102 1. *Acid-Base Regulation and Disorders* at Merck Manual of Diagnosis and Therapy Professional Edition

Az első egy anatómiakönyv tizedik (tehát valószínűleg már sokszor javított és átdolgozott) kiadása, amelynek esetében a szabályosan feltüntetett kiadón, a kiadás évén és a pontos oldalszámon kívül a könyv ISBN száma is szerepel, ami alapján a könyvet meg lehet találni. Joggal számíthatunk tehát rá, hogy az információ hiteles forrásáról van szó. A másik irodalom egy világcég által az interneten közzétett kézikönyv egyik weboldala, amelyen egyértelműen szerepel, ki és mikor ellenőrizte, ill. módosította az oldal tartalmát. Feltételezhető, hogy ezt a kézikönyvet sokan használják. Így ha érkeztek volna fontos kifogások az oldal tartalmával kapcsolatban, akkor a szöveget már javították volna, hiszen egy ilyen nagy múltú cégnek a hitelesség és a vásárlói bizalom megőrzése érdekében adnia kell a jó hírnevére.

Mindebből tehát levonhatjuk azt a következtetést, hogy a mért pH-értékek semmiképp sem lehetnek egyformák a különböző emberi szervezetekben, sőt még azonos szervezet különböző állapotaiban sem! Így az a kijelentés, hogy valaki „*nagyon pontosan*” megmérte a vér pH-ját (csak úgy, általában) természettudományos szempontból értelmetlen. Nem is beszélve magáról a szövegben feltüntetett értékről, ami jóindulatú feltételezés szerint lehet egy gépelési hiba (de akkor miért nem olvasta át az írományát a „gondos” szerző?!), vagy pedig egyszerűen a „tanulmány” írója által az emberi szervezet számára ideálisnak tekintett testhőmérséklet és pH-érték összevonásából származik... Néhány mondattal később viszont ugyanebben a szövegben ez a szám szerepel: „*A vér védekező mechanizmusa az, hogy lúgos ásványi anyagokat von ki a szövetekből, hogy az enyhén lúgos (9,365) pH értéke megmaradjon.*” Ebből már teljesen egyértelmű, hogy az illetőnek sajnos fogalma sincs róla, hogy miről beszél. Ezért az épületes értekezés további elemzését helyhiány miatt nem folytatjuk, de elrettentő példaként ajánljuk mindenki figyelmébe.

Az önjelölt „szakértők” és a természetgyógyászat népszerűsítői sajnos legjobb szándékaik ellenére is komoly károkat tudnak okozni az általuk félig-meddig megértett, vagy éppenséggel teljesen félreértelmezett természettudományos magyarázatokon alapuló, esetleg önállóan kitalált és ezért légből kapott „jó tanácsaikkal”. Nézzük az alábbi idézetet (az eredeti gépelési hibák megőrzésével): (<http://cotcot.hu/cikk/2008/07/24/hogyan-csinald-lugositas>)

„Természetesen

Egy nagyon bölcs ember azt mondta: "Legyen táplálékunk olyan természetes, amilyen csak lehet." Tehát kerüljük a tartósított kajákat, a konzervált eledeleket. Leginkább azt együk, ami természetesen létezik. A legegyszerűbb, ha sorolom:

Savasító ételek, tehát kerül!

Kenyér és gabona: rizs, kenyér, kukoricapehely, tésztafélék tojással, tésztafélék tojás nélkül, grahamkenyér, tojás, zabpehely. Tejtermékek: tejszín, joghurt, lágy sajt, zsíros túró, camembert, kemény sajt, ömlesztett sajt. Magvak: mogyorókrém, földimogyoró, pisztácia. Húsok: sertéshús, kacs, tyúkhús, borjúhús, pulykahús, májas hurka, pisztráng, szalámi, liba, sertésmáj. És akkor az édességek: kristálycukor, keserű csokoládé, jégkrém, tejcokoládé, teasütemény. És sajnos vannak olyan zöldségek is, amik savasítanak: zöldborsó, lencse, bab.

Kánaán a testnek

Akkor jöjjenek a lúgosító ételek, szépen sorban. Zöldek: spenót, petrezselyem, kelkáposzta, karalábé, metélőhagyma, zeller, sárgarépa, cukkini, kelbimbó, burgonya, karfiol, hónapos retek, padlizsán, paradicsom, zöldbab, fejes saláta, kínai kel, fokhagyma, vöröshagyma, gomba, zöldpaprika, brokkoli, uborka. Husi: hering, tőkehal, édesvízi halak és mindenféle tengeri herkentyű. Gyümölcsöt minden mennyiségben, fel sem sorolom, annyit mondok, hogy a legjobban a banán lúgosít. Persze, hogy ehetsz édességet: dzsemet, lekvárt, mogyorókrémet, és fagyit és mézet! Azért ezek a kaják finomak, és tényleg nem kell sanyargatni a szervezetedet, mire lúgos lesz.

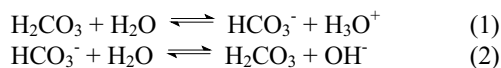
Segítség

Ha mindezt kevésnek ítéled, fogyassz lúgos vizet - ezt egyre több bioboltban beszerezheted, de interneten is rendelhetsz, s természetgyógyászhoz fordulva, de jó forrásból beszerezve a lúgosító port is fogyaszthatod.”

Azzal a kijelentéssel, hogy „Legyen táplálékunk olyan természetes, amilyen csak lehet.” első közelítésben még nagyjából egyet is érthetünk. (Bár szeretném leszögezni, hogy egy gyilkos galócából készült remek gombapaprikás is „természetes”). A „savasítónak” kiáltott és emiatt elátkozott ételek között viszont meglepődve fedezzük fel (a rengeteg más, a szervezet számára általában nélkülözhetetlen anyag mellett) pl. sok E-vitamint és esszenciális aminosavakat is tartalmazó tojást, a csontépítéshez fontos kalciumionból nagy mennyiséget hordozó sajtokat, és így tovább, folytathatnánk a sort. Az pedig igazán izgalmas titok, hogy szegény mogyorókrém hogyan volt képes egyszerre bekerülni a „tiltott” és a „támogatott” kategóriába is. Továbbá az is érdekes, hogy a szerző sehol nem említi a zsi-radékokat, amelyek metabolikus lebontásakor egyébként valóban sokféle gyenge sav keletkezik. S persze a végén még az író jó szándéka is megkérdőjeleződik. Hiszen meglehet, hogy a természetgyógyász, a „lúgosító víz” és a „lúgosító porok” ajánlása mégiscsak egyszerű reklámtevékenység (bár kétségtelen, hogy konkrét személyt, ill. márkát nem javasol az illető).

Az ilyen szerzők erőlködéseit tehát akár humorosnak is találhatnánk, ha nem okoznának komoly károkat. Ugyanis meglehet, hogy sok, a szöveg írójához hasonlóan egyszerű lélek elhiszi, amit ezen a weboldalon olvasott, és megpróbál ennek megfelelően élni, így fontos tápanyagoktól fosztva meg szervezetét. Testünk működéséről ugyanis az a legfontosabb hiteles információ, hogy egy elképzelhetetlenül összetett és bonyolult működésű rendszer. Az evolúciós fejlődés során a sikeres túlélési stratégiákat kialakító élőlények ugyanis a környezetükből érkező, igen sokféle hatást megtanultak ellensúlyozni. Így például az élő sejtek sokat emlegetett „sav-bázis egyensúlyát” egy elképesztően bonyolult sav-bázis puffrendszer tartja fenn. Működésének lényegét a vízzel szénsavvá reagáló szén-dioxid példáján viszonylag könnyű megérteni. A szénsav, mint gyenge sav és a (többek között az ivóvízből származó) hidrogénkarbonát-ion ugyanis önmagukban is pH-kiegyenlítő hatású sav-bázis puffert képeznek vizes oldatokban (tehát a sejtekben és a sejtnedvekben is). A szén-dioxidról pedig tudjuk, hogy a szervezetünkben folyó energiatermelő, lassú oxidációs folyamatok során folytonosan és nagy mennyiségben keletkezik. Tekintsük az alábbi két,

egyenként is egyensúlyban lévő, de egymással is összefüggő reakciót:



Ha ehhez a dinamikus egyensúlyban lévő rendszerhez némi savat adunk, akkor a Le Chatelier-Braun elv értelmében az (1) egyenlettel leírt savi disszociáció balra (a kiindulási anyagok irányába) tolódik el, hogy az oxóniumion koncentrációját csökkentse. A hidrogén-karbonát-ion (2) egyenlettel leírt hidrolízise viszont jobbra, a keletkező anyagok koncentrációjának növekedése irányába mozdul el (mivel az oxóniumionok reagálnak a hidroxidionokkal, s ezért csökkentik azok koncentrációját). Mindkét esetben közös, hogy sav hatására a hidrogén-karbonát-ionok egy része szénsavvá alakul át, így „elnyelve” a hozzáadott oxóniumionok egy részét. Ebből következőleg a pH változása sokkal kisebb lesz, mintha ugyanennyi, ugyanilyen anyagi minőségű és koncentrációjú savat ugyanakkora térfogatú desztillált vízbe öntöttünk volna, mint amennyi a pufferoldatunk. Könnyen belátható, hogy lúgos oldat hozzáadására viszont a fent leírtakkal éppen ellentétes irányú folyamatok zajlanának. Persze, a magyarázatot lehet bonyolítani azzal, hogy a szénsav valójában két lépésben disszociál (tehát a hidrogén-karbonát-ionok egy részéből karbonátionok keletkeznek), valamint hogy a szén-dioxid gáz fizikai oldódása is „egyensúlyra vezető” (fizikai) folyamat, amely a fizikailag oldott szén-dioxid koncentrációján keresztül szintén összefüggésben van a szénsav képződésével, s így a fenti reakciókkal is. Tehát az sem mindegy, milyen a szén-dioxid parciális nyomása a folyadék fölött. Azaz, ha a vérünk pH-járól van szó, akkor azt az is befolyásolja, hogy mikor vettünk utoljára lélegzetet... Ha ezt már értjük, akkor csak azt kell még elképzelni, hogy az ilyen pufferrendszerekből megszámlálhatatlanul sok működik az élő szervezetben egymás mellett és egymással összefüggésben. Hiszen ahányféle gyenge sav és sójának anionja, ill. gyenge bázis és sójának kationja, annyiféle sav-bázis puffer létezik az élő sejtben. Gyenge savakból és bázisokból pedig már csak azért is követhetetlenül sokféle van, mert például a fehérjék karboxilcsoportjai mind gyengén savasak, aminocsoportjai pedig mind gyengén bázisosak. Savi, ill. bázisos disszociációs állandóik nagysága pedig (egyenként!) attól is függ, hogy a fehérje mely részén, milyen kémiai környezetben fordulnak éppen elő. S akkor még nem beszéltünk a foszforsavakról, azok sóiról, ill. különféle származékairól, valamint sok-sok más (többségében számunkra még ismeretlen nevű) vegyület vizes közegben savként vagy bázisként viselkedő funkciós csoportjairól. Ha pedig mindezen komponenseket tartalmazó rendszer viselkedését próbáljuk meg elképzelni, akkor egy szédítő sebességgel, de nagyon kifinomultan reagáló, összetett sav-bázis pufferrendszerre kell gondolnunk, amely gondosan örökődik a sejtben normális körülmények között zajló folyamatokhoz szükséges optimális pH-értéken.

Természetesen, ha egész testünket huzamosabb időn keresztül kitesszük az egészségtelen (pl. stresszes, mozgásszegény) életmód, a káros szenvedélyek és a fölösleges „kalóriabevitel” okozta terhelésnek, akkor fennáll annak a veszélye, hogy a fent leírt sav-bázis pufferrendszer és a hozzá hasonló kiegyenlítő, javító mechanizmusok egy határ átlépése után ezt már nem viselik el. Ugyanis (ha példaként a „sav-bázis egyensúlynál” maradunk) a sav-bázis pufferek pH-ja is változik azért a sav vagy lúg hozzáadásának hatására. A változás mértéke pedig annál nagyobb, minél több hidroxóniumiont vagy hidroxidiont adtunk a rendszerhez. Ezért minél több savat vagy lúgot veszünk magunkhoz, ill. minél több keletkezik a pH értékét adott irányba befolyásoló anyagokból a sejteinkben, annál nehezebb ezt tolerálni a szervezetünknek. Túl sok sav vagy lúg hatására az is megtörténhet, hogy pl. a testnedvek pH-értéke tényleg kilép a még optimálisnak tekinthető tartományból, s így

hosszútávon valóban elkerülhetetlenek a tartós károsodások. (Ehhez tehát még látványos, akut mérgezési tüneteket okozó sav- vagy lúgmarásra sincs szükség!) Ilyenkor következnek be bizonyos betegségek, s szélsőséges esetben a korai halál. Ha viszont igyekszünk kiegyensúlyozottan táplálkozni, azaz mindenből arányosan, de épp csak eleget, és semmiből sem túl sokat fogyasztani (ami a magyar szokásokhoz képest azért jóval több friss gyümölcs és zöldség, ill. kevesebb zsiradék és szénhidrát „bevitelét” jelenti), valamint rendszeresen és eleget mozogni, nem dohányozni, nem használni kábítószerket; és alkoholt, ill. kávé is csak ritka alkalmanként és keveset venni magunkhoz (pl. csak baráti társaságban), akkor jó esélyeket biztosítunk magunknak a hosszú és egészséges életre. Nem vitás, hogy ez a megoldás kellemetlenül bonyolultabb, mint megvenni egy kis „lúgosító” vizet vagy port. Csak hát sajnós ez a valóban hatásos módszer.

Persze, azért a „lúgosításnak” is vannak hatásai. Ezek közül az első az, hogy vékonyabb lesz a pénztárcánk. A második az, hogy esetleg emésztési zavarokat sikerül előidézniük azáltal, hogy nem szakavatott módon megpróbálunk belekontárkodni a szervezetünk működését szabályozó, igen összetett folyamatokba. Hiszen föltételezhető, hogy a „lúgosító” (azaz a normál ivóvíz átlagos pH-jánál nagyobb pH-jú) víz a gyomrunkba érve éppen az ételek emésztéséhez szükséges, sósavtartalmú gyomornedvvel fog reagálni, s így abból az optimális mennyiségnél kevesebb marad. Testünk természetesen megpróbálja majd „helyreállítani az egyensúlyt”, azaz még további gyomornedvet termel. Csak hát ez plusz energia- és anyagfelhasználást jelent, ami önmagában is fölöslegesen terheli a szervezetet. Ezt (az egyéni erőnlét és érzékenység függvényében) észrevehetjük vagy sem. Az azonban hosszútávon biztosan ki fog derülni, hogy semmivel sem lett jobb a közérzetünk és egészségesebbek sem lettünk a „lúgosítástól”. (Gyomorsavtúltengés esetén persze szükség lehet a fölösleges gyomorsav részbeni elreagáltatása. Ez azonban egy olyan betegség, amellyel orvoshoz kell fordulni!) Viszont mindenképpen gazdagabbak leszünk egy tapasztalattal. De nem lenne okosabb más kárán tanulni, vagy megpróbálni a saját fejünkkel gondolkozva „kiegyensúlyozottan” véleményt alkotni ahelyett, hogy mindent elhinnénk, amit olvasunk vagy hallunk? Erre kérnek és bíztatnak az alábbi feladatok is.

Feladatok:

1. lépés: Gyűjts össze az interneten, nyomtatásban, ill. boltokban vagy nagyobb áruházakban fellelhető információkat a jelenleg magyarországi kereskedelmi forgalomban kapható, különféle nyomelemek kationjait tartalmazó pezsgőtablettákról! **Derítsd ki** mindegyik általad megismert pezsgőtabletta legfontosabb jellemzőit:

- a) Milyen kémiai összetevőket tartalmaznak?
- b) Mekkora a gyártó által biztosított hatóanyagtartalmuk?
- c) Milyen szempontok alapján tudnád őket csoportosítani?
- d) Milyen kiszerezésben kaphatók és azok mennyibe kerülnek?

2. lépés: Gondold végig, milyen általad korábban tanult vagy különböző forrásokból kideríthető kémiai és biológiai ismeretek vonatkoznak erre a témára! **Gyűjts információkat** arra vonatkozóan is, hogyan viszonyul az egyes gyümölcsök és zöldségek nyomelem-összetétele és -tartalma az egyes pezsgőtablettákéhoz! **Számold ki**, hogy egy doboznyi, adott fajta pezsgőtabletta átlagos áráért mennyit lehetne vásárolni az ugyanazt a nyomelemet (az általad hitelesnek tekintett információk szerint) legnagyobb mennyiségben tartalmazó gyümölcsből, ill. zöldségből! Amennyiben találsz számszerű adatokat, számold ki azt is, hogy a kiszámított mennyiségű gyümölcs, ill. zöldség átlagosan körülbelül mennyit tartalmaz az adott nyomelemből! Továbbá sorolj fel minél több olyan összetevőt, ami

ebben az adott gyümölcsben vagy zöldségben az általad megismert források szerint még előfordul, és a szervezetünknek szüksége van rá! Csoportosítsd az így megszerzett információkat, ill. kiszámolt adatokat egy **táblázatban!** Ennek beküldésével elérhető **maximális pontszám: 20 pont.**

3.lépés: Válassz ki az általad megismert pezsgőtabletták közül **egy terméket.** Gondold végig, vajon miért pont pezsgőtabletta formájában hozzák ezt a hatóanyagot forgalomba. Vizsgáld meg a kiválasztott pezsgőtabletta összetételét, és próbáld meg kideríteni, mitől pezseg és milyen lesz a vizes oldat kémhatása a tablettá feloldása után, ill. hogy vajon függ-e a benne lévő hatóanyag oldhatósága a pH-tól. **Tervezz, és tanárod felügyelete mellett végezz el egyszerű kísérleteket,** amelyekkel a pezsgőtabletta **működését** és a feloldása után kapott oldat összetételét **modellezed!** A rendelkezésedre álló eszközökkel **határozd meg** a tablettá feloldása után a **kémhatást,** esetleg a pH közelítő értékét is. **Vizsgáld meg** azt is, hogy a kémhatás megváltoztatása okoz-e valamilyen látható változást az oldat összetételében. **Tapasztalataidat és mérési eredményeidet gondosan jegyezd fel!** **Magyarázatként** írd fel a végbemenő reakciók egyenleteit és minden egyéb, a fenti kérdések megválaszolása szempontjából fontos információt. **Számítógépes alkalmazások segítségével** rendszerezd egy **jegyzőkönyvben** a megtervezett és végrehajtott kísérlet leírását, a összes tapasztalatot és mérési adatot, valamint a hozzákapcsolódó magyarázatokat! Ennek beküldésével elérhető **maximális pontszám: 20 pont.**

4. lépés: Oldd meg az alábbi, kémiai egyensúlyokkal kapcsolatos **feladatokat!** A **megoldások** gondolatmenetét és a konkrét számításokat is írd le a beadandó fájlba! Ennek beküldésével elérhető **maximális pontszám: 60 pont.**

A kémiai egyensúlyokhoz kapcsolódó gyakorló feladatok

1. feladat:

A tejsav bizonyos szénhidrátok levegő kizárása mellett (vagyis anaerob körülmények között) történő lebontásával keletkezik az élő szervezetekben. Nevéhez híven valóban ez a vegyület okozza a tej savanyodását, mivel a tejcukor (laktóz) baktériumok által végrehajtott erjedési folyamatának (fermentációjának) egyik terméke (de például a kovászos uborka levében is megtalálható az abban zajló erjedés eredményeként). Tejsav keletkezik az izmokban is, ha ott hirtelen nagy mennyiségű energiára van szükség, például egy hosszas és intenzív testmozgás miatt. Ekkor ugyanis nem jut az izomsejtekbe a szőlőcukor (azaz glükóz) tökéletes (azaz szén-dioxiddá és vízzé történő) oxidációjához elegendő oxigén, mivel nem tudja azt elég gyorsan oda szállítani a vér. Az ilyen „anaerob” körülmények között, a tökéletes oxidációnál energetikailag sokkal kevésbé hatékony (a szervezet által csak „szükségmegoldásként” alkalmazott) folyamatban tejsav keletkezik. Ez másnapra kiadós izomlázat okoz, amely csak akkor szűnik meg, ha a tejsav távozik az izomszövetekből, ill. tovább bomlik (a most már elegendő oxigén jelenlétében). Ezt pedig a legjobban egy kis testmozgással segíthetjük elő (vagyis ebben az esetben valóban a „kutyaharapást szőrével” elv működik).

- Írd fel a tejsav konstitúciós szerkezeti képletét és a savi disszociációjának egyenletét!
- A „tejsav” nevű vegyületből kétféle is van. Rajzold föl mindkettő szerkezeti képletét úgy, hogy jól látható legyen az egyes atomcsoportok egymáshoz viszonyított térbeli elhelyezkedése közötti különbség! Hogyan nevezik az izoméria azon fajtáját, amely itt megnyilvánul? Hogyan különböztethető meg a gyakorlatban egymástól ennek a kétféle izomernek a vizes oldata?

c) A <http://www.vitalitas.hu/olvasosarok/online/komplementerm/2001/3/sav.htm> című weboldalon a következő szövegrészlet olvasható: „Egy vizes oldat savasságát vagy lúgosságát a pH-értékkel szoktuk jellemezni. A pH a hidrogénion-koncentráció negatív logaritmus, semleges pH-n a H^+ és OH^- ionok koncentrációja megegyezik (10^{-7} g/l), ezért a semleges pH értéke pontosan 7.” Saját kémia tudásod alapján javítsd és pontosítsd ezt a szöveget!

d) Végezz közelítő számítást arra vonatkozóan, hány gramm tejsav van feloldva egy olyan vizes tejsavoldat 200 cm^3 -es térfogatában, amelynek pH-ja 3,0! ($K_s = 1,4 \cdot 10^{-4}\text{ mol/dm}^3$)

e) A tejsav molekuláinak kb. hány százaléka van disszociálva a fenti oldatban?

2. feladat:

Képzeld el, hogy a sav-bázis pufferoldatok pH-kiegyenlítő hatásának modellezéséhez a következő módon készítünk egy ammónia - ammónium-klorid puffert: 50 g ammónium-kloridot feloldunk desztillált vízben. Hozzá öntünk 500 cm^3 $w = 25\%$ töménységű és $0,907\text{ g/cm}^3$ sűrűségű ammóniaoldatot, majd $1,00\text{ dm}^3$ térfogatú mérőlombikban jelíg töltjük és homogenizáljuk (azaz alaposan összerázzuk).

a) Számítsd ki, hogy mennyi lenne az így készülő pufferoldat pH-ja, ha azt a közelítést alkalmaznánk, hogy a bemért bázis koncentrációja kb. azonos az egyensúlyi ammónia-koncentrációval, a bemért só koncentrációja pedig kb. egyenlő az egyensúlyi ammónium-klorid-koncentrációval! ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$) Mi ennek a közelítő számítási módnak az elvi alapja?

b) Számítsd ki, hogy mekkora pH-változást okozna, ha a fenti $1,00\text{ dm}^3$ térfogatú pufferoldatunkhoz 100 cm^3 térfogatú, $0,100\text{ mol/dm}^3$ térfogatú sósavoldatot öntenénk!

c) Számítsd ki, hogy mekkora pH-változást okozna, ha a 100 cm^3 térfogatú, $0,100\text{ mol/dm}^3$ térfogatú sósavoldatot $1,00\text{ dm}^3$ térfogatú desztillált vízhez öntenénk!

d) Hasonlítsd össze a fenti két pH-változás nagyságát! Melyik esetben nem változott meg a kémhatás és miért?

2. feladat:

Az ipari hidrogéngyártás egyik nagy jelentőségű, egyensúlyra vezető folyamatában szén-monoxidot és vízgőzt reagáltatnak magas hőmérsékleten.

a) Írd fel a fenti reakció egyenletét!

b) Mi a magyarázata annak, hogy a reakció egyensúlyi állandója dimenzió nélküli szám?

c) Számítsd ki, hogy milyen anyagmennyiség-arányban kell reagáltatni a szén-monoxidot és a vízgőzt ahhoz, hogy az egyensúly eléréséig a szén-monoxid 80%-a reagáljon el, ha az adott körülmények között $K = 5,44$?