

Lente Gábor

Jég-kilenc a Macskabölcsőben

Kurt Vonnegut (1922-2007), a jeles amerikai író legismertebb regényei az *Ötös számú vágóhíd*, a *Bőrleszk*, *A Titán szirénjei*, az *Időomlás*, a *Bajnokok reggelije* és az *Éj anyánk*. Egyik korai, 1963-ban írt regényében, a *Macskabölcsőben* olvashatjuk a következő sorokat:

– Többféle útja-módja van annak – kezdte magyarázatát dr. Breed –, ahogy bizonyos folyadékok kristályosodhatnak – megfagyhatnak –, többféle útja-módja van annak, ahogy az atomjaik szabályosan, mereven halmozódhatnak és összekapcsolódhatnak.

A májfoltos kezű öregember ösztökélt: gondoljak a többféle útmódra, ahogyan ágyúgolyókat felhalmozhatunk a törvényszéki palota kertjében, a többféle útmódra, ahogy a narancsot csomagolhatják a narancsoládába.

– Így áll a dolog a kristályokban található atomokkal is; és azonos anyag két különböző kristálya merőben különböző fizikai tulajdonságokkal rendelkezhet.

.....

– Most pedig tegyük fel – röfögött végtelen élvezettel dr. Breed –, hogy a víz kristályosodásának, fagyásának többféle lehetséges útja-módja van. Tegyük fel, hogy a jég, amelyen korcsolyázunk, és amit a whiskynkbe rakunk – nevezzük „jég-egy”-nek –, csupán többféle jég egyike. Tegyük fel, hogy a víz mindig jég-eggyé fagyott a földön, mert nem volt olyan magva, ami megtanította volna, hogyan lehet belőle jég-kettő, jég-három, jég-négy... És tegyük föl – és öreg kezével megint megkoppintotta az íróasztalt –, hogy van egy bizonyos forma, nevezzük jég-kilencnek avagy szuperjégnek – olyan kemény kristály, mint ez az asztal –, aminek az olvadáspontja, mondjuk, száz fok Fahrenheit, vagy talán inkább százharminc fok.

.....

És az öregember felszólított: képzeljem el az Egyesült Államok tengerészete a kutyabagosi mocsár kellős közepén.

– Teherautók, tankok, tarackok, mind torkig iszappal! – jajongott az öreg. – Nyeli őket a nyálkás, nyúlós ingovány.

Felemelte ujját, és rám kacsintott. – Ám tegyük fel, fiatalember, hogy egyetlenegy tengerész zsebében van egy icipici kapszula, benne egy szemernyi *superjég*, ami megtanítja a vízatomokat, hogy kell ezentúl halmozódni-kapcsolódni, hogy kell megfagyni. Ha pedig a tengerész bedobja ezt a szemernyi magocskát a legközelebbi pocsótába...

– A pocsóta megfagy? – kockáztattam meg.¹

A *Macskabölcst* sokan Kurt Vonnegut egyik legjobb művének tartják. Kiderül belőle, miért is szokták stílusát a legsötétebb fekete humornak tartani, megismerhetjük a kitalált, de teljesen haszontalan San Lorenzo szigetét és a rajta egyeduralkodó, szintén kitalált, Bokononizmus nevű vallást. A regény lényegében a földi élővilág teljes pusztulását írja le szatirikus alapossággal, s a világvége eljövételében központi szerepe van a jég-kilencnek, amelyről dr. Breed magyaráz az idézett részletben. Minden víztartalmú anyag azonnal megfagy, ha jég-kilencsel érintkezik. Vajon csupán az írói fantázia szüleménye a jég-kilenc, vagy lehet esetleg tudományos alapokon nyugvó feltételezés is?

Még mielőtt erre a kérdésre választ keresnénk, olvassunk bele a „kivételes munkabírású francia tudományos-fantasztikus író”, Jules Verne (1828-1905) majd egy évszázaddal korábban papírra vetett regényébe, a *Hector Servadac*ba is:

Noha már elég hideg volt, a tenger még mindig nem állt be, mert vize meg sem mozdult, tükrét még csak szellő sem borzolta. Ilyen körülmények között a víz nehezebben fagy meg, de ha csak egy lökés is éri, bekövetkezik a fagyás.

A kis Nina és Pablo a felnőttekkel együtt ment a tenger fölé nyúló sziklára.

– Kislányom – szólt Ninához Servadac kapitány –, el tudnál-e jó messzire hajítani egy darab jeget a tenger felé?

– Igen! – mondta a kislány. – De Pablo sokkal messzebb tud dobni, mint én!

– Próbáld csak meg! – biztatta Hector Servadac, és egy darab jeget nyomott a kislány kezébe. Aztán még hozzátette: – Figyelj csak jól, Pablo! Most majd meglátod, milyen nagy varázsló a mi Ninánk!

¹ Kurt Vonnegut: *Macskabölcst*, Európa Könyvkiadó, 36-38. oldal. Fordította: Borbás Mária

Nina egyszer-kétszer meglendítette a kezét, majd elhajította a jeget.

Nyomban zizegés, zúgás hallatszott, s egyre tovább és tovább terjedt egészen a látóhatárig.

Nyomban jégpáncél borította az egész Galliai-tengert.²

Jules Verne és Kurt Vonnegut közös, és a hozzájuk hasonlóan elismert írók körében kivételes jellemzője, hogy természettudományosan igen műveltek voltak. Jules Verne, habár az egyetemen jogi diplomát szerzett, nagyon is otthonosan mozgott a XIX. századi tudományos elméletek körében, s munkáihoz igencsak alapos könyvtári előtanulmányokat végzett. Kurt Vonnegut egyetemi diplomáit kémiából és antropológiából szerezte, s írásaiban nem egyszer jegyzi meg ironikus hangon, hogy természettudományos végzettségét az íróársadalom soha nem fogja neki megbocsátani.

Jules Verne a *Hector Servadac*ban egy nagyon is jól ismert tudományos jelenséget ír le: a túlhűtött vizet. Ha vizet úgy hűtenek le, hogy közben nem éri semmiféle mozgás, akkor hőmérséklete akár 10-15 fokkal is fagyáspontja alá csökkenhet anélkül, hogy jéggé változna. Ez azért fordulhat elő, mert a folyékony víz szerkezetében meglehetősen rendezetlenség uralkodik. Óvatos, rázkódásmentes hűtésnél a vízmolekulák még arra sem képesek, hogy a jég rendezett szerkezetébe kerüljenek. Így aztán a víz még fagyáspontja alatt is folyékony marad, de csak addig, amíg az első csekély rázkódás el nem indítja a kristályrácsba rendeződést. Ahogy azt Jules Verne is leírja, ekkor igen hirtelen megfagy az egész víztömeg.

Kurt Vonnegut regényében a jég-kilenc összetettebb gondolatmeneten alapul. Igen gyakori, hogy egy szilárd anyag többféle kristályos formában is előfordul. Elég, ha csak az elemi szénre gondolunk: kémiai összetétel szempontjából a grafit és a gyémánt teljesen azonos, csak a kristályrácsuk különböző. Ebből a példából az is nyilvánvaló, hogy az eltérő kristályszerkezet gyökeresen eltérő fizikai tulajdonságokat okozhat: a grafit igen puha, a gyémánt kivételesen kemény. Szobahőmérsékleten és légköri nyomáson a grafit a stabilabb módosulat, így elvileg minden gyémántdarab grafittá alakul át. Az már más kérdés,

² Jules Verne: *Hector Servadac*, Móra Könykiadó, 180. oldal. Fordította: Bartócz Ilona

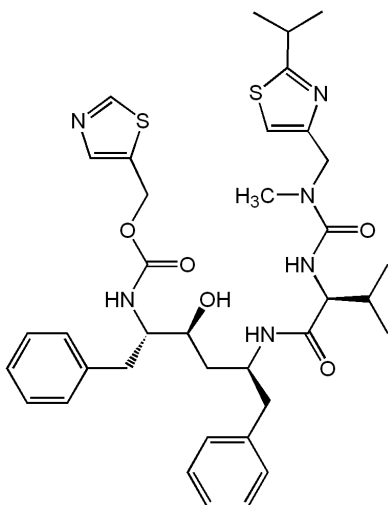
hogy ez a változás olyannyira lassú, hogy még évezredek után sem lehet kimutatni a legérzékenyebb mai műszerekkel sem.

Valójában a legtöbb szilárd kristályos anyagnak több lehetséges kristályrácsa van, néha egészen sok is. A szilícium-dioxidnak például rengeteg különböző szerkezete ismert: az α - és β -kvarc, α - és β -tridimit, α - és β -krisztobalit és a stishovit hét különböző SiO_2 -módosulat, de korántsem az összes ismert. A higany(II)-jodid szobahőmérsékleten stabil, narancsszínű α -szerkezete melegítve a halványsárga β - HgI_2 -dá alakul át.

Az is előfordul, hogy az egyik módosulattól a másikba való átmenet nagyon lassú (hasonlóan a gyémánt – grafit átalakuláshoz), de az átalakulási sebesség valamilyen külső tényező hatására hirtelen megnövekedhet. Erre talán a legszélesebb körben ismert példa az ónpestis. $13,2\text{ }^\circ\text{C}$ felett az ón stabil módosulata a β -ón (fehér ón), amely ezüstösen csillogó színű és jól megmunkálható, így alkalmas arra, hogy mindennapi használati tárgyak készüljenek belőle. $13,2\text{ }^\circ\text{C}$ alatt azonban az α -ón (szürke ón) a stabilabb, amely kevésbé hasonlít más fémekre, elég könnyen elporlik. Ennek ellenére a fehér ónból szobahőmérsékleten készült tárgyakat sokáig lehet nagy hidegben is tartani, mert a fehér ón csak lassan alakul át szürke ónná. Ha azonban már egy kis szürke ón jelen van, az felgyorsítja a folyamatot, vagyis katalizátorként működik. Az ilyen érdekes átalakulásokat, ahol az átalakulás termékének megjelenése felgyorsítja a folyamatot, autokatalitikusnak nevezik. A jelenség ezért is kapta az ónpestis nevet: hosszú ideig sértetlennek tűnő óntárgyak a hidegben időnként hirtelen elporladnak. Ezt a középkorban leggyakrabban Európa hűvösebb részein a templomi orgonák sípjainál észlelték. Az anekdota azt tartja, hogy Bonaparte Napóleon hadseregének egyenruháin öngombok voltak, s így az ónpestis szerepet játszott abban, hogy oroszországi téli hadjáratáról sikertelenül kellett visszafordulnia. A XX. századból származik a brit sarkkutató, Robert Scott szomorú története. 1910-ben, a Déli-sark elérésére indított expedíciója során az odafelé úton jelentős élelmiszer- és fűtőanyagkészleteket hagyott hátra néhány helyen. A fűtőanyag kerozin volt, amelyet ónvasalású tartályokban szállítottak. A kaland tragikus véget ért, de ezt nem a norvég Roald Amundsen okozta, aki végül is előbb érte el a célt. 1912 elején, visszafelé tartva Scotték kerozintartályaikat üresen találták. A vasalások valószínűleg az ónpestis áldozatául estek, habár ezt a magyarázatot soha senki nem bizonyította be. Az expedíció tagjai így nem éltek túl a sarki hideget és viharokat – habár

az egyik, használható fűtőanyaggal és élelmiszerrel feltöltött táborukhoz 20 kilométernél is közelebb jutottak. Az Antarktison viszont arra is ismert példa, hogy ónból készült konzervdobozok nyolcvan évig is sértetlenül elviselték a hideget.

Az is előforult már a tudománytörténetben, hogy egy már jól



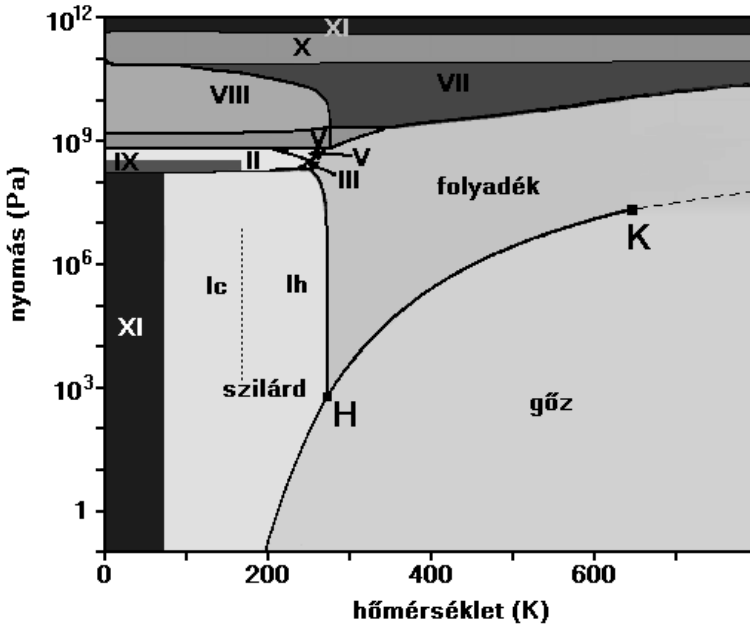
1. ábra A ritonavir szerkezete

ismert szilárd anyagnak addig ismeretlen, stabilabb kristályszerkezetű formáját fedezték fel hirtelen. Egy nem túl régi példa erre a ritonavir nevű AIDS-ellenes gyógyszer (1. ábra), amelyet az Abbot Laboratories nevű nemzetközi gyógyszergyártó cég kezdett forgalmazni 1996. március 1-én Norvir néven. 1998-ban először a vállalat chicagói, majd olaszországi üzemében is a ritonavir új kristályszerkezetű szilárd formájának keletkezését észlelték. Az új szerkezet stabilabb volt, mint a régi, és néhány nap múlva a régi szerkezetű kristályformát már előállítani sem sikerült. Az új

szerkezetű forma vízoldhatósága jelentősen csekélyebb volt, mint a régié, így kapszula készítésére alkalmatlan volt. A gyártó cég több százmillió dollárt költött az új kristályszerkezettel kapcsolatos kutatásokra, a kapszula árusítását viszont így is meg kellett szüntetni.

De térjünk vissza a jég-kilenchez. Itt tehát azt feltételezi Kurt Vonnegut, hogy a jégnek van egy, a Földön eddig még nem ismert, a szokásos jégnél stabilabb módosulata. A regény itt nem idézett részeiből kiderül, hogy ennek a módosulatnak az olvadáspontja 114,4 Fahrenheit fok, vagyis 45,8 °C. Így a folyékony víz ezen hőmérséklet alatt tulajdonképpen 'túlhűtött' állapotban van. A normális túlhűtött állapottal ellentétben viszont a fagyást itt nem rázkódás, hanem a jég-kilenc egy kis darabjával való érintkezés idézheti elő az ónpestishez hasonló autokatalitikus módon, vagyis egyetlen kis jég-kilenc kristály elég ahhoz, hogy a Föld teljes vízmennyiségét megfagyassza, beleértve az élőlényekben lévő vizet is, és így az élővilág teljes pusztulását okozza.

Ezzel a gondolatmenettel kapcsolatban a rossz hír az, hogy nem lehetetlen. Jó hír viszont, hogy igen valószínűtlen. Számtalan tudós tanulmányozta már a víz és jég tulajdonságait igen alaposan. Az ilyen jellegű tanulmányok eredményét **fázisdiagram** nevű ábrákon foglalják össze. A víz jelenleg pontosnak ismert fázisdiagramja látható a 2. ábrán.

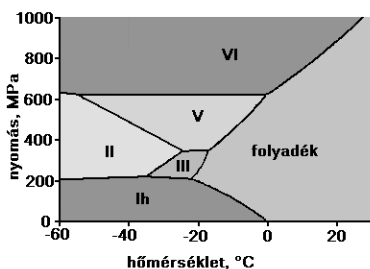


2. ábra A víz fázisdiagramja

Egy fázisdiagram eléggé összetett ábra. A vízszintes tengelyen a hőmérséklet, a függőleges tengelyén nyomás szerepel (az utóbbi logaritmusos skálán). A diagram egyik legegyszerűbb használati módja az, ha meg akarjuk tudni, hogy adott hőmérsékleten és nyomáson egy tiszta anyag milyen formája a legstabilabb. Ekkor csak meg kell keresnünk, hogy a hőmérséklet és nyomás által megadott pont a fázisdiagram melyik részére esik. A 2. ábrán például az 1 Pa nyomáshoz és 300 K (27 °C) hőmérsékletre tartozó pont a gőz felíratú területen van, így biztosan lehet állítani, hogy ilyen körülmények között a víz stabil formája a gázhalmazállapot. Ne ütközzünk meg azon, hogy a hőmérséklet a víz

forráspontja alatt van. Ugyanis az a hőmérséklet, ahol a folyékony víz forni kezd, függ a külső nyomástól. A víz forráspontja csak akkor $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, ha a kísérletet normál légköri nyomáson (101325 Pa) végezzük. A fázisdiagramról megtudhatjuk, hogy mennyi a víz forráspontja más nyomásokon, csak meg kell keresnünk, hogy azon a nyomáson milyen hőmérsékleten van a határvonal a folyadék és a gőz között. Mexikóváros például 2300 méterrel a tengerszint felett van, ezért a légköri nyomás kevesebb a tengerszinten mértnél, csupán kb 78000 Pa . Ilyen nyomáson a víz már $93\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on forni kezd. Ha egy szakács kuktában főz, akkor a kuktát a főzés idejére nyomásbiztosan lezárja. A kuktában így megnövekedhet a nyomás, akár a légköri három-négyszeresére is. Ezért a víz magasabb hőmérsékleten forr, az étel pedig hamarabb elkészül, mert magasabb hőmérsékleten a kémiai reakciók, így a főzés is gyorsabb.

Mi történik 1 Pa nyomáson? Itt már a folyadék és a gőz területe nem is érintkezik egymással a fázisdiagramon. Ha alaposan átgondoljuk a dolgot, arra jutunk, hogy 1 Pa nyomáson nem is létezhet folyékony halmazállapotú víz. A jég közvetlenül gőzzé alakul, vagyis szublimál. A fázisdiagram egy nevezetes pontja a 2. ábrán **H**-val jelölt hármaspont. Ez az a nyomás és hőmérséklet (610 Pa és $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$), ahol a folyadék, gáz és szilárd halmazállapotú forma egyszerre lehet jelen. A hármasponti nyomásnál kisebb nyomásokon az anyagok szublimálnak. A másik nevezetes pont, amit a 2. ábrán **K** betű jelöl, a kritikus pont ($21,8\text{ MPa}$ és $374\text{ }^{\circ}\text{C}$). A kritikus hőmérsékletnél nagyobb hőmérsékleten nincs különbség folyadék és gőz között. Így folyadékról csak a hármasponti nyomásnál nagyobb nyomásokon és a kritikus hőmérséklet alatt van értelme beszélni.



3. ábra A víz fázisdiagramjának egy kinagyított részlete

Egy tiszta anyagnak gázhalmazállapota csak egyféle lehet, említésre sem érdemesen ritka kivétellektől eltekintve folyadék-fázisa sem lehet több. Azt azonban már láttuk, hogy a szilárd állapotok különbözőek is lehetnek más és más kristályrácsokban. A jég esetében is elég sok szilárd forma van: a 2. ábrán a folyadék és gőz kivételével az összes többi terület különböző szerkezetű szilárd fázisokat (vagyis

jeget) jelöl. A jég különböző módosulatait római számokkal jelzik. A 2. ábra középső, zsúfolt részét kinagyítva mutatja be a 3. ábra.

A szokásos, mindennapokban is előforduló jeget az ábrán a jég-I jelöli. Ennek is két változata van, az Ih (hexagonális) és Ic (kőbös). Légköri nyomáson még egy jégváltozat fordulhat elő nagyon alacsony hőmérsékleteken, a jég-XI. Érdekes módon a mindedig elért legnagyobb nyomásokon is ez a forma stabil. Közepes és nagy nyomásokon a jég más kristályszerkezetű formái is ismeretesek. A különböző ráctípusok egymásba alakulásának vagy megolvadásának körülményeit ugyanúgy lehet leolvasni az ábráról, mint a víz forráspontját különböző nyomásokon. Nagyjából 200 MPa nyomáson a víz fagyáspontja -20 °C alá süllyed, de itt már a jég-III, és nem a jég-I a stabil ráctípus. Egészen nagy nyomásokon (10^{10} Pa) a jég-VII olvadáspontja már elérheti a víz kritikus hőmérsékletét is.

A fázisdiagramot szemlélve feltűnhet, hogy jég-IV egyáltalán nem található rajta. Ettől függetlenül a jég-IV előállítható, de nincs olyan nyomás és hőmérséklet, ahol ez a rácsszerkezet lenne a legstabilabb módosulat: a körülményektől függően lassan jég-III-má, jég-V-té vagy jég-VI-tá alakul át. Hasonló a helyzet az 1996-ban felfedezett jég-XII-vel, valamint a 2006-ban felfedezett jég-XIII-mal és jég-XIV-gyel is. Tudományos tévedés történt viszont a folyékony vízzel kapcsolatban: az 1960-as évek második felében többen azt vélték kimutatni, hogy igen keskeny kapillárisokban egy polivíznek nevezett, második folyékony módosulat létezik, amelynek légköri nyomáson mért fagyáspontja -40 °C , forráspontja 150 °C , sűrűsége pedig $1,2\text{ g/cm}^3$ körül van. Később kimutatták, hogy nehezen eltávolítható szennyeződések tévesztettek meg sok-sok kísérletezőt, polivíz pedig nem is létezik.

Ami pedig a *Macskabölcst*öt illeti: ha jég-kilencről nem is, de a jég-IX létezéséről valóban tudunk. Azonban ennek tulajdonságai korántsem egyeznek meg a Kurt Vonnegut által elképzelttel. A fázisdiagramból láthatóan a jég-IX csak elég nagy nyomásokon (> 100 MPa) létezik, és nem is határos a folyadékfázissal. Tehát jég-IX-et melegítve először a jég más szerkezetű, de még mindig szilárd módosulatai keletkeznek (jég-II és jég-III), és csak utána olvad meg.

Kurt Vonnegut saját emlékei szerint a jég-kilenc ötletét Irving Langmuirnak (1881-1957), az 1932-es kémiai Nobel-díjasnak köszönheti, aki azt eredetileg H. G. Wellsnek (1866-1946) vetette fel. Az akkor már

híres tudományos-fantasztikus író nem mutatott nagyobb érdeklődést, így hát a nála jóval fiatalabb Kurt Vonnegut játszadozott tovább a gondolattal. Végezetül pedig ne feledkezzünk meg a *Macskabölcső* egy tudósok számára nagyon is megszívlelendő részletéről sem:

– Ha nem ért valamit – unszolta dr. Breed –, kérje meg dr. Horvathot, hogy magyarázza el. Remekül magyaráz. Dr. Hoenikker mondta mindig – fordult hozzám –, hogy az a tudós, aki egy nyolcéves gyereknek nem tudja megmagyarázni, mit csinál, sarlatán.³

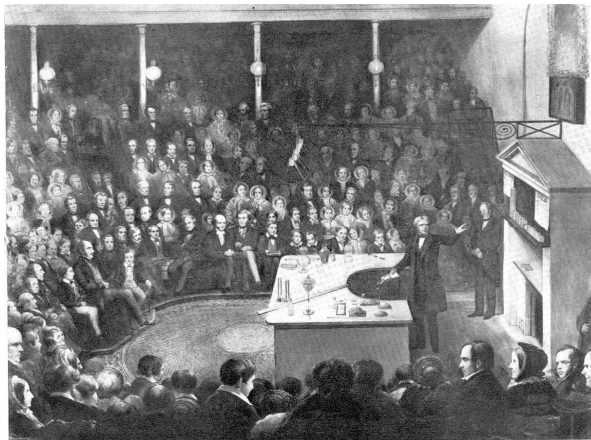
Turányi Tamás

Miről beszél a gyertya lángja? Az égés kémiája 150 évvel Faraday után

"A gyertya természetrajzát már egy régebbi előadásomban ismertettem és ha tőlem függne, az előadásaimat évről évre ezzel a témával fejezném be: ugyanis *annyira érdekes tárgy ez* és annyi módot nyújt a természet tanulmányozásához vezető út megismerésére. A világegyetemet irányító természeti törvények mind-mind feltáruznak előttünk; és aligha találunk kényelmesebb módot a természet műhelyébe való betekintésre, mint ezt." Ezek Faraday 1860. évi Karácsonyi Előadásának első szavai.

Faraday (1791-1867) minden idők egyik legnagyobb fizikusa és vegyésze volt. Felfedezte a mágneses indukció jelenségét és elsőként készített működő villanymotort. Felfedezte a benzolt és elsőként cseppfolyósított klórgázt. Bevezette a kémiába az oxidációs szám fogalmát és elterjesztette az anód, katód, elektród, és ion szavakat. Nevét őrzi Faraday induktivitási törvénye, a Faraday-kalitka, a Faraday-effektus (fény és mágneses tér kölcsönhatása) és a Faraday-állandó. Ez utóbbi azt mutatja meg, hogy egy mól elektron töltése 96485 coulomb.

³ Kurt Vonnegut: *Macskabölcső*, Európa Könyvkiadó, 29. oldal. Fordította: Borbás Mária



Michael Faraday a Karácsonyi Előadást tartja a Királyi Intézet előadótermében, 1856-ban

Faraday 1825-ben lett a Királyi Intézet (Royal Institution) igazgatója. A Királyi Intézetet 1799-ben alapították, hogy falai között tudományos kutatást és ismeretterjesztést végezzenek. A Királyi Intézet épületében kezdettől fogva tartottak ismeretterjesztő előadásokat egy nagy előadóteremben. Az intézet laboratóriumaiban magas színvonalú tudományos kutatás folyt és folyik. Tíz kémiai elemet fedeztek fel ebben az intézetben és az intézet munkatársai közül 14-en kaptak Nobel-díjat. A Királyi Intézet Web oldala: <http://www.rigb.org>

Faraday nagyon fontosnak tartotta a tudományos ismeretterjesztést, ezért 1825-ben elindította a Karácsonyi Előadások (Christmas Lectures) sorozatát. Az első két évben az előadást nem Faraday tartotta, de 1827-ben már maga Faraday tartott kémiai tárgyú előadást. Később is az előadásokat vagy Faraday tartotta (összesen 19 alkalommal), vagy egy általa felkért előadó. A Karácsonyi Előadásokat azóta is minden évben megtartják és azokat 1966. óta közvetíti az angol televízió.

Faraday 1848-ban és 1860-ban előadását „Miről beszél a gyertya lángja?” (The Chemical History of a Candle) címmel tartotta meg. Az 1860. évi Karácsonyi Előadást egyik hallgatója, William Crookes gyorsírással lejegyezte és az 1861. januárban és februárban megjelent a “Kémiai Hírek” (Chemical News) című újságban. Az előadás szövege már 1861-ben megjelent könyvben is. Angol nyelven azóta is folyamatosan, újra és

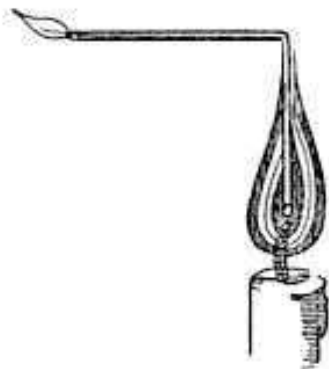
újra kiadják. A könyv 1921-ben megjelent magyarul is „A gyertya természetrajza” címmel (Athenaeum kiadó, Budapest, 1921, fordította: Bálint András). Ezt a könyvet 1949-ban újra kiadták magyarul, ez alkalommal Zemplén Jolán fordítása alapján „Miről beszél a gyertya lángja?” címmel. Általános iskolás koromban ez a könyv még megvolt a helyi Szabó Ervin könyvtárban. Néhány éve újra ki akartam kölcsönözni, de megtudtam, hogy mint elavult könyvet, minden Szabó Ervin fiókkönyvtárban leselejtezték, csak néhány központi könyvtárban maradt belőle példány. Szerencsére ma már az Internetről letölthető akár teljes könyvek is és az 1921-es magyar kiadás olvasható a Chemonet Web oldalain (www.chemonet.hu). Érdemes is elolvasni, csaknem 150 év után is lenyűgöző Faraday előadásának eleganciája és gördülékenysége.

Faraday már tudta, hogy az égések során milyen anyagok reagálnak és milyen anyagok keletkeznek. Számszerűen is pontosan ismerte a résztvevő anyagok elemi összetételét és sokat tudott az égés fizikájáról. Természetesen az égések kémiájáról és fizikájáról sok új ismeret látott napvilágot Faraday előadása után. A XX. század elején ismerték fel, hogy az egyetlen bruttó reakcióval leírható kémiai folyamatok gyakran több tucat, vagy akár több száz reakciólépésből állnak. A legtöbb ilyen reakciólépésben részt vesznek párosítatlan elektront tartalmazó anyagfajták, úgynevezett gyökök. Az égés tulajdonságai a gyökök reakciói ismeretében érthetőek meg. Bodenstein vizsgálta meg először (1907) részletesen egy gázfázisú összetett gyökreakciót, a hidrogéngáz és a brómgáz reakcióját. Szemjonov (1926) és Hinshelwood (1927) azt tanulmányozták, hogy a foszfor illetve a hidrogén égése során milyen reakciólépések játszódnak le és az elért eredményekért 1956-ban megosztott Nobel-díjat kaptak.

Az 1950-es években a technikai és technológiai fejlesztések középpontjába került égésekkel kapcsolatos problémák megoldása. Katonai és űrhajózási célokra megbízható és nagy tolóerejű rakétákat állítottak elő. Ugyanekkor jelentkezett az igény jobb és nagyobb teljesítményű autómotorokra és repülőgép gázturbinákra. A technikai fejlesztéseket lehetővé tette, hogy évről évre egyre pontosabban ismerték meg a különféle anyagok égésének kémiáját és ennek alapján lehetett tervezni berendezéseket. 1973-tól a kőolaj-származékok ára egyre nőtt és egyre fontosabbá vált a hatékonyság és az üzemanyag-takarékosság is. Az 1990-es évektől a tervezések legfőbb szempontja a környezetvédelem lett. Alapvetően fontossá vált, hogy az égéseken alapuló háztartási és ipari

berendezések, közlekedési eszközök nem csak megbízhatók, nagy teljesítményűek és üzemanyag-takarékosak legyenek, de ugyanakkor kevés szennyezőanyag keletkezzen működésük közben. Ma már nagyon sok berendezést lehet úgy megtervezni, hogy közben a kémiai folyamatokat is minőségileg és mennyiségileg pontosan írják le. Az égések kémiájának kutatása a gyertya égésének vizsgálatával kezdődött.

A gyertya közelről



Nézzünk meg egy égő gyertyát közelről! A gyertya lángja megolvasztja a paraffint. A megolvadt paraffint kis csészeként szilárd paraffin veszi körül, amely nem engedi elfolyni az olvadt paraffint. Ha egy gyertyában függőleges bevágások vannak, azon elfolyik az olvadt paraffin és a gyertya rosszul ég. Egyes díszgyertyák túl vastagok, és az ilyen gyertya elége után oldalt sok paraffin marad vissza.

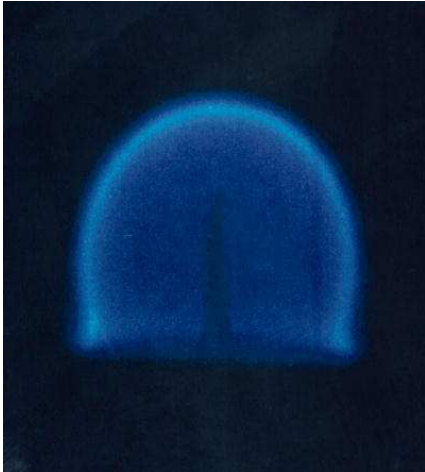
Közelről látható az is, hogy a kanóc alja ázik a paraffinban, míg a kanóc teteje száraz. A hajszálcsovesség miatt a paraffin folyamatosan felszívódik a kanóc tetejére. Az olvadt paraffin egyre fogy, a láng lejjebb jön, és újabb paraffin olvad meg. A kanóc teteje belelóg a láng forró részébe és elég. Néha lehet olyan gyertyát is vásárolni, amely nem szívja fel jól az olvadt paraffint és emiatt túl kicsi a gyertya lángja. Olyan gyertyát is láttam már, amelynek nem égett el a kanóca és az üszkös csonkként felül kilógott a lángból.

A kanóc tetején a paraffin elpárolog, a paraffingőzök elbomlanak, és olefinek keletkeznek. Ezek az olefinek a gyertya lángjában elégnak. A gyertya lángjának belsejében tehát éghető gázok vannak. Ezt egy egyszerű kísérlettel lehet bizonyítani: ha a gyertya lángjába üvegcsövet teszünk, az éghető gázokat ki lehet vezetni és azokat az üvegcső végén meg lehet gyújtani.

Miért csepp alakú a gyertya lángja? A láng széle forró, emiatt a láng melletti levegő felmelegszik. A forró levegő sűrűsége sokkal kisebb, mint a hideg levegőé és gyorsan felfelé száll. A láng melletti gyors

levegőáramlás alakítja ki a jellegzetes csepp alakot. A légáramlás állandóan friss oxigént szállít a lángba, és elszállítja a keletkező CO_2 és H_2O gázokat.

Súlytalanságban nem számít a forró és hideg gázok közötti sűrűségkülönbség és így nincs felhajtóerő. Ilyen körülmények között nem jön létre légáramlás a láng mellett és emiatt a gyertya lángja nem lesz csepp alakú. Súlytalanságban a láng félgömb alakú. Ebbe a lángba csak diffúzióval, lassan jut be az oxigén és lassan jut ki belőle a keletkező széndioxid és víz. Több űrsikló-küldetés során (STS-43, STS-83, STS-94, STS-105, STS-107) volt eddig a tudományos program része az égések vizsgálata a súlytalanságban. Ilyen kísérletek



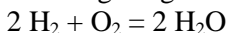
során vizsgálták például kis lánggömbök (flame ball) viselkedését nagyon kis hidrogéntartalmú H_2 - O_2 gázelegyenben.

A űrsikló-küldetések során több órán át tartó égési kísérleteket is folytattak, de ezek a kísérletek drágák és kivételesek. A Földön sokkal olcsóbban és gyakrabban lehet létre hozni súlytalanságot ejtőtorony segítségével. Az ejtőtorony egy 100-120 méter magas vasbeton torony, amelynek a belsejében légüres tért hoznak létre. Az itt leejtett műszerdobozban néhány másodpercig súlytalanság van. A műszerdobozok egy puha zsákra esnek, hogy többször felhasználhatók legyenek. Az ejtőtoronyokban végzett kísérletek egyik fő témája égések vizsgálata súlytalanságban.

A hidrogén égése

Ha hidrogéngázt és oxigéngázt összekeverünk, egy nagyon reakcióképes elegyhez jutunk, amit durranógáznak hívnak. Ha ezzel a gázeleggyel megtöltünk egy lufit, és az oldalához lángot érintünk, az nagy durranással felrobban. Ha hidrogént fejlesztünk, a keletkező gázt egy üvegcsövön elvezetjük és meggyújtjuk, békésen égő kis lángot kapunk.

A hidrogén égését a következő bruttó egyenlet írja le:



Ez az egyenlet pontosan adja meg az elreagáló hidrogén és oxigénmolekulák mólarányát, de valójában ilyen kémiai reakció nem játszódik le. A hidrogéngáz és oxigéngázt elegyében a molekulák ütköznek egymással:



A H_2 és O_2 molekulák ütközésekor H-atom és HO_2 gyök keletkezik. A HO_2 gyök reakcióképessége kicsi, de a mellette keletkező H-atom nagyon reaktív. Ha a képződő H-atom egy O_2 molekulával ütközik, akkor OH gyök és O-atom keletkezhet:

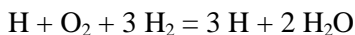


Ha a nyomás kicsi, a gázt alkotó részecskék közepes szabad úthossza nagy. Ez azt jelenti, hogy a részecskék hosszú utat, akár több tucat centiméternyit is megtehetnek két ütközés között. Ha a lombik kicsi a közepes szabad úthosszhoz képes, a fenti két reakcióban keletkező H, O, OH és HO_2 anyagfajták más molekulákkal ütközés nélkül és emiatt kémiai reakció nélkül jutnak el a lombik falához, ahol megkötődnek. Kis nyomáson (pl. 1 torr alatt) ezért a gázelegy nem robban fel, ha a hőmérséklet közepesen nagy, pl. 750 K.

Ha nagyobb a nyomás, egy nyomáshatár felett („első robbanási határ”) a közepes szabad úthossz kicsi és a H-atomok nagy része átalakul OH-gyökökké és O-atomokká, majd azokból kémiai reakciókkal újra H-atomok keletkeznek:



Ha e három reakciólépés egyenletét összeadjuk, az alábbi összevont egyenletet kapjuk:



Minden H-atomból tehát három másik keletkezik és a H-atomok koncentrációja folyamatosan növekszik. Mivel a H_2 és O_2 molekulák átalakulását vízzé a H-atomok katalizálják, a reakciósebesség egyre nő és a gázelegy felrobban.

Ha az ^{235}U -atommal egy neutron ütközik, az atom bomlása során három neutron keletkezik. Minden egyes neutron kiválthatja egy újabb ^{235}U atom bomlását, és ha az urántömb tömege a kritikus tömeg fölött van, atomrobbanás következik be. Ha a tömeg kisebb, mint a kritikus tömeg,

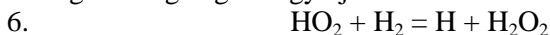
akkor nem következik be robbanás. Könnyű észrevenni a hasonlóságot a hidrogén–oxigén kémiai reakciórendszer és az atomrobbanás, az első robbanási nyomáshatár és a kritikus tömeg között.

A hidrogén–oxigén elegy azonban még érdekesebb dolgokra is képes. A reakcióképes hidrogénatomok egy része a következő reakcióban kevéssé reakcióképes HO₂-gyöökké alakul.



Itt M tetszőleges ütközőpartnert, tehát tetszőleges jelenlévő részecskét jelent. „M” koncentrációja csak a nyomástól függ és a nyomás növekedésével növekszik. Egy küszöb nyomásérték („második robbanási határ”) felett ez a reakció a H-atomok olyan nagy hányadát távolítja el, hogy gázelegy újra nem lesz robbanásképes.

A nyomás további növekedésével, egy újabb küszöb nyomásérték („harmadik robbanási határ”) felett további reakciók lesznek fontosak és a hidrogén–oxigén gázelegy újra felrobban:



A hidrogén–oxigén gázelegyben lejátszódó reakciólépések közül nyolcat mutattunk be. A részletesebb, számszerűen is pontos leírások mintegy 30 reakciólépést tartalmaznak. A hidrogén égése az egyik legegyszerűbb égési reakció.

Láttuk, hogy állandó hőmérsékleten a nyomást növelve az 5. reakció sebessége nagyobb lesz, mint a 2. reakcióé. Állandó nyomáson a hőmérsékletet változtatva észrevehetjük, hogy a fenti 2. és 5. reakciók hőmérsékletfüggése is különböző. Légköri nyomáson 900 K hőmérséklet alatt főleg a



egyenlet szerint fogynak a H-atomok és nem lesz robbanás, míg 900 K hőmérséklet felett a



reakció a gyorsabb és ez robbanáshoz vezet.

Lángok

A fenti kémiai egyenletek alapján nem csak a hidrogén–oxigén gázelegyek robbanása, de a hidrogén–oxigén vagy hidrogén–levegő lángok

viselkedése is megérthető. Tétélezzük fel, hogy egy nagy tartályban légköri nyomású hidrogén–oxigén gázelegy van és a tartály egyik oldalán van a lángfront. Képzeljük el, hogy a lángfrontból H-atomok lépnek be a mellette levő hideg gázrétegbe. Ekkor ez a gázréteg nem fog felrobbanni, hiszen a hőmérséklete 900 K alatt van. Most azt képzeljük el, hogy a forró gázréteg előbb felmelegíti a mellette levő gázréteget 900 K felé, majd diffúzióval H-atomok jutnak a forró gázba. A 2. reakció, majd azt azt követő reakciók útján a gázréteg felrobban.

Egy lángfront terjedését gázelegyben el lehet képzelni, mint gázrétegek egymás utáni felrobbanását. A hideg gázréteg felmelegszik, reakcióképesé válik, a diffúzóval érkező H-atomok robbanást idéznek elő, a keletkező hő a mellette levő gázréteget is felmelegíti és így tovább. Mivel a hőátadás és az anyagdiffúzió időigényes folyamatok, emiatt a tartályban a gázelegy nem egy pillanat alatt robban fel, hanem egy lángfront fog végigterjedni a tartály egyik oldalától a másikig.

A hidrogén égése 30 reakciólépéssel leírható, de a földgáz égése kémiájának leírásához mintegy 350 reakciólépésre van szükség. Ezeket most nem soroljuk fel, de a lényegük az, hogy a CH_4 molekulából sorozatosan CH_3 gyök, formaldehid, CHO gyök, szénmonoxid, majd széndioxid keletkezik. Ezeket az átalakulásokat a H- és O-atomok, valamint az OH gyökök katalizálják. Ez utóbbi anyagfajták a fenti 2.–4. reakciókban keletkeznek.



Kémiai laboratóriumokban melegítésre, hevítésre Bunsen-égőt használnak, amiben földgáz ég. Nézzünk meg egy működő Bunsen-égőt közelről! Az első feltűnő dolog, hogy közvetlenül a fémcső felett nincsen láng. A fémcsőbe ütköző gyökök megkötődnek a fémfelületen és így eltűnnek a gázfázisból. Ugyanakkor a fémcső lehűti a gázelegyet és ezzel nem reakcióképesé teszi. Ezek miatt nincs égés a gázcső közelében.

A Bunsen-égő alsó részén egy fémgyűrű van, amivel a földgázhoz kevert levegő mennyiségét lehet szabályozni. Ha a gyűrűt

úgy fordítjuk, hogy a levegőt beeresztő nyílás teljesen nyitva legyen, akkor kicsi kék, kúp alakú lánggal ég a Bunsen-égő. Ha a gyűrű elfordításával a levegőt beeresztő nyílást elzárjuk, akkor nagy, lobogó, sárga színű lángot kapunk. Ez olyan, mint a gyertya lángja !

Egy láng lehet *lamináris* vagy *turbulens*. A lamináris lángok „nyugodtak” és a láng megzavarására visszaáll a láng eredeti alakja. A Bunsen-égő lángja lamináris láng. A turbulens lángok erősen kavarnak és örvénylenek.

Az *előkevert lángoknál* a tüzelőanyagot és az oxidálószer (levegőt) összekeverjük és az égőben ez a gázelegy ég el. Ilyen a Bunsen-égő kék lánggal. A *nem-előkevert lángokban* az égés helyére külön jut a tüzelőanyag és az oxidálószer. Ilyen a gyertya lángja vagy a Bunsen-égő sárga lánggal. A lángok tulajdonságai ismeretében olyan rendkívüli eseményeket is jobban megérthetünk, mint a Hindenburg-léghajó katasztrófája.

A Hindenburg-léghajó katasztrófája



A Hindenburg-léghajó az eddig épített legnagyobb légi jármű volt. Sokkal nagyobb volt (legalábbis térfogatra), mint egy kétszintes Airbus 380 repülőgép. A hidrogénnel töltött léghajó 245 méter hosszú és 41 méter átmérőjű volt. Teherbírása 112 tonna volt és 135 km/óra sebességre volt képes. A Hindenburg-léghajó 1936. márciusában

készült el és Németországból indulva még ebben az évben 17-szer kelt át az Atlanti-óceánon: 10-szer járt az USA-ban és 7-szer Brazíliában. 1937 elején átépítették és akkor már 72 utast tudott vinni. Az utasok biztonságáról és kényelméről 61 fős személyzet gondoskodott. A léghajó alján volt egy kis irányítófülke („hajóhíd”), míg az egy és kétágyas

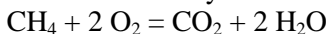
utaskabinok, a személyzet szálláshelyei, a társalgó, az étterem, és a dohányzóhelyiség (!) a léghajó *belsejében* voltak.

A Hindenburg léghajó 1937-ben május 3-án érkezett meg először az USA-ba. A léghajó kikötésének megörökítésére több filmforgató-csoportot és fotoriportert is a helyszínre küldtek, így az eseményekről több film- és fényképfelvétel készült. Este 19:25-kor a léghajó még 100 méter magasan volt, amikor egy valószínűleg sztatikus elektromosságtól eredő szikrától kigyulladt. A lángoló léghajó a földre hullott és 34 másodperc alatt teljesen elégett. A fedélzeten 97 fő utas és személyzet volt, főleg a léghajó belsejében levő helyiségekben és ezeket a helyiségeket 200.000 m³ hidrogén vette körül gumitartályokban. Úgy gondolhatnánk, hogy teljesen lehetetlen, hogy egy ilyen katasztrófát bárki túlélhessen. Valójában a fedélzeten levő emberek csaknem kétharmada, 62 fő túlélte a katasztrófát! Hogyan lehetséges ez?

A Hindenburg égésekor felcsapó láng egy nem-előkevert hidrogén–levegő láng volt. Csak a léghajó külsején folyt az égés és a forró gázok azonnal magasba emelkedtek. Azoknak az embereknek, akik túléltek a léghajó gyors leereszkedését és nem szorultak be a roncsok közé, jó esélyük volt a túlélésre. Az első 15-20 másodpercben a föld közelében még nem érte el őket a forróság és volt ennyi idejük arra, hogy kiszabaduljanak és elfussanak.

A lángok terjedésének sebessége

Az előkevert lángok egyik legfontosabb jellemzője az ekvivalenciaarány. A metán égését az alábbi bruttó egyenlet írja le:



Ez az egyenlet megadja, milyen mólarányban kell összekeverni a metánt és az oxigént, hogy teljesen elreagáljanak. Ha a CH₄ és O₂ mólaránya éppen 1:2, akkor *stöchiometrikus* ekvivalenciaarányú előkevert lángról beszélhetünk. Az ilyen lángban a tüzelőanyag és az oxigén is teljesen elreagál.

Ha kevés tüzelőanyagot sok oxidálószerrel elegyítenek, akkor *tüzelőanyagban szegény* ekvivalenciaarányú előkevert lángot kapunk. Az égés után a feleslegben levő oxigén megmarad. Ha a tüzelőanyagot a stöchiometrikus arányhoz képest kevés oxidálószerrel elegyítik, akkor *tüzelőanyagban gazdag* ekvivalenciaarányú előkevert láng keletkezik és ekkor az égés után a feleslegben levő tüzelőanyag marad meg.

Egy tüzelőanyag–oxidálószer gázelegyben a lángfront terjedési sebességét *lamináris lángsebességnek* nevezik. A lamináris lángsebesség függ attól, hogy milyen anyagokat kevernek össze, de ezen kívül függ az ekvivalenciaaránytól, a hőmérséklettől és a nyomástól. Légköri nyomású, szobahőmérsékletű, sztöchiometrikus metán–levegő gázelegyben a lamináris lángsebesség 36 cm/másodperc. Ez 1,3 km/óra-nak felel meg, ami a sétálási sebesség egyharmada, tehát nem is olyan nagy sebesség. A legtöbb szerves anyagnak levegővel alkotott légköri nyomású, szobahőmérsékletű elegyének lamináris lángsebessége 15–50 cm/másodperc és szénhidrogének esetén a sztöchiometrikus elegy lángsebessége a legnagyobb. Egy légköri nyomású, szobahőmérsékletű, sztöchiometrikus hidrogén–levegő gázelegyben a lamináris lángsebesség 200 cm/másodperc. Ez átszámítva 7,2 km/óra, tehát egy lassú futás („kocogás”) sebessége.

A lamináris lángsebesség nagyobb, ha a gázelegy kezdeti hőmérséklete nagyobb. Növelve a gázelegy nyomását, egyre kisebb lamináris lángsebességet mérhetünk. A lamináris lángsebesség ilyen viselkedésének alapvető oka a fenti 2. és 5. reakció sebességének változása a hőmérséklettel és nyomással. Magas hőmérséklet és kis nyomás esetén az égést gyorsító 2. reakció kerül előtérbe, míg alacsonyabb hőmérséklet és nagyobb nyomás esetén a lassító 5. reakció a fontosabb.

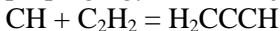
Játsszunk most újra a Bunsen-égővel! Nyissuk ki teljesen a levegőbeeresztő nyílást, ekkor kék előkevert lángot kapunk. Változtassuk most a földgáz beáramlási sebességét a gázcsap lassú tekergetésével! Ha kevés földgáz érkezik a Bunsen-égőbe, kis, lapos lángkúpot kapunk. Ha nagyra nyitjuk a gázcsapot, a Bunsen-égő fémcsöve felett hosszú, hegyes lángkúpot figyelhetünk meg. A földgáz–levegő láng sebessége csak a hőmérséklettől, nyomástól és a gázelegy összetételétől függ, de nem függ a gázelegy áramlási sebességétől. Hogy változatlan lángsebesség mellett több földgáz éghessen el, a nagyobb gázáramlási sebességre a láng alakja változik meg.

A tűzoltók számára fontos tudni, hogy az egyes vegyszerek gőzei milyen gyorsan égnek, és a levegővel alkotott elegyükben milyen gyorsan terjed a lángfront. Ha egy új vegyi anyagot kell minősíteni, ezt az anyagot sztöchiometrikus arányban keverik levegővel és a gázelegyet Bunsen-

égőben égetik el. A láng alakja alapján kiszámítható a lamináris lángsebesség.

A gyertya lángja

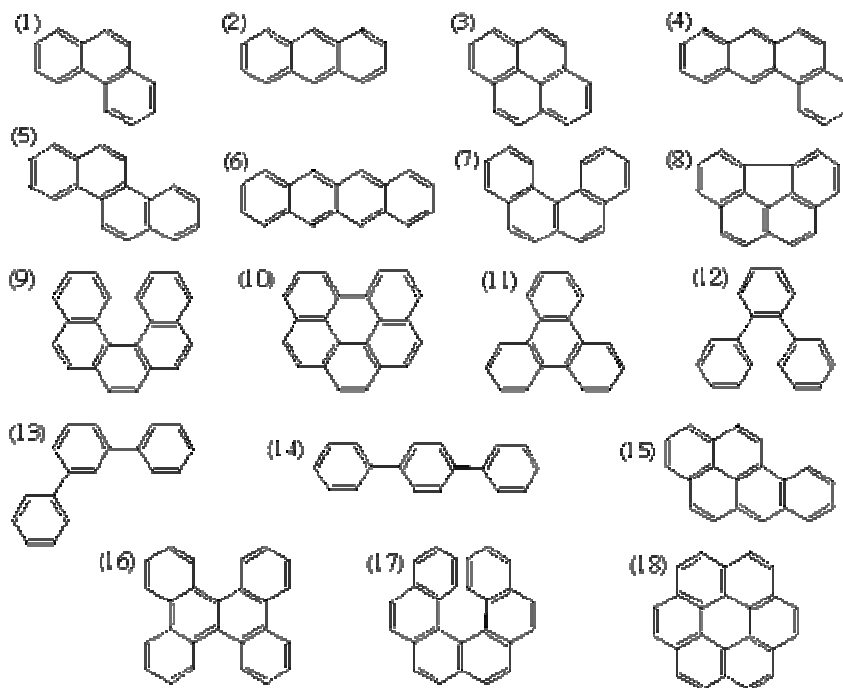
A gyertya kanóca közelében kizárólag éghető anyag, a gyertyától távol pedig csak levegő van. Ez azt jelenti, hogy a lángon belül az ekvivalenciaarány folyamatosan változik. Láttuk, hogy szénhidrogének esetén a sztöchiometrikus elegy ég a leggyorsabban. Ennek következtében amikor meggyújtjuk a gyertyát, a lángfront arra a felületre húzódik rá, ahol az éghető anyag – levegő arány éppen a sztöchiometrikus aránynak felel meg. A gyertyaláng frontján kívül a gázelegy oxigénben gazdag és tüzelőanyagban szegény. Az összes oxigén elreagál a gyertyaláng frontjában, emiatt a gyertyalángon belül nincsen oxigén. Amikor a gyertya tüzelőanyagát alkotó alkán- és olefinmolekulák a lángfront felé közelednek, a magas hőmérsékleten elbomlanak, és nagy részben keletkeznek acetilén molekulák (C_2H_2) és CH gyökök. Ha acetilén molekula és CH gyök reagál egymással, propargil gyök keletkezik. Két propargil gyök reakciója benzol molekulát eredményez.



A policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) úgy néznek ki, mintha sok benzolmolekulát ragasztanának egymás mellé. Ha egy benzolmolekula kis gyökökkel (H, O, OH) reagál és utána acetilénmolekulákkal ütközik, egy másik benzolgyűrű nő mellé. Újabb reakció gyökökkel és újabb acetilén addíció után újabb benzolgyűrűk nőnek az addigi molekulára.

A keletkező újabb és újabb PAH molekulák tömege egyre nő, és kb. 2000 Daltonnál már szilárd részecskékké, apró koromszemcsékké állnak össze. Ezeknek a kis koromszemcséknek a mérete kémiai reakciókkal nő, de kb. 20 nm részecskeméretnél a növekedés leáll. Az ilyen friss koromszemcsékben a szén – hidrogén elemarány még 1 : 1. Amikor a friss koromszemcsék a forró lángfront felé közelednek, a szén aránya egyre nő és a hidrogén aránya egyre csökken. A lángfronton áthaladó parányi koromszemcsék felizzanak és a lángfront hőmérsékletén az izzásuk sárga színű. Emiatt sárga színű a gyertya és a nem- előkevert Bunsen-égő lángja. A lángfronton áthaladt koromszemcsék forró, oxigénben gazdag gázba jutnak és nyomtalanul elégnek. Néha látni rossz

gyertyát: az ilyen gyertya kormoz, mert olyan nagy koromszemcsék keletkeznek, amelyek utána nem égnek el a lángfrontban.



Néhány policiklusos aromás szénhidrogén

Emlékszünk, hogy a kinyitott levegőnyílású, előkevert Bunsen-éőő lángja kék színű. Előkevert metán–levegő lángban nagy a CH gyökök koncentrációja, de kicsi az acetilén koncentráció és így nem alakulnak ki benne aromás és policiklusos aromás szénhidrogének. Emiatt nem alakulnak ki koromszemcsék sem és a láng nem sárga. A magas hőmérsékletű lángban a CH gyökök ütközések útján egy magasabb energiájú elektronállapotba juthatnak. Amikor a gyökök visszatérnek alapállapotba, kisugározzák a gerjesztett és az alapállapot energiája különbségének megfelelő kék színű fényt. Általában a szerves anyagok nem-előkevert lángja sárga a koromszemcsék miatt és minden szénhidrogén előkevert lángja kék. A hidrogén–oxigén láng viszont

színtelen, mert nincsenek benne CH gyökök, sőt semmilyen olyan anyagfajta nincs benne, amely megszínezné a lángot. Tűzijáték készítésénél a lángokat szándékosan színezik különféle szép színekre fémsók hozzáadásával.

Zárjuk ezt a írást Faraday előadásának utolsó szavaival: "A felolvasásaim befejezéséül még csak azt kívánom nektek, hogy míg csak éltek, legyetek hasonlóak a gyertyához, hogy ti is fényt árasztatok a környezetetekre, minden tettetekben a gyertyaláng szépsége tükröződjék és kötelességeket hű teljesítésében szépet, jót, nemeset cselekedjete az emberiségért."

Az ELTE Kémiai Intézetében 2007. december 13-án, az „Alkímia ma” sorozatban elhangzott előadás szerkesztett változata.

Ajánlott Web oldalak

Az előadás Web oldala:

<http://garfield.chem.elte.hu/Turanyi/gyertya.html>

Ez az oldal tartalmazza a kísérletekről készült videókat és fényképeket, valamint az előadás PowerPoint formátumú fóliáit.

Az “Alkímia ma” előadássorozat Web oldala:

http://www.chem.elte.hu/pr/alkimia_ma.html

Faraday előadásának magyar fordítása:

<http://www.chemonet.hu/hun/teazo/karacson/gyertya.html>

Az itt olvasható szöveg az 1921-es magyar kiadáson alapul (Bálint András fordítása) és tartalmazza a könyv rajzait is.

GONDOLKODÓ



„MIÉRT?” (WHY? WARUM?)

Alkotó szerkesztő: Dr. Róka András

Ebben a rovatban általatok is jól ismert jelenségek, vagy otthon is elvégezhető kísérletek magyarázatát várjuk el tőletek. A feladatok megoldásával minden korosztály próbálkozhat, hiszen a jelenséget különböző tudásszinten is lehet értelmezni. Éppen ezért rész megoldásokat is be lehet küldeni! A lényeg az ismeretek mozgósítása, az önálló elképzelés bizonyító erejű kifejtése. A kérdéseket (olykor) szándékosan fogalmazzuk meg a mindennapok nyelvén, hogy – reményünk szerint – minél inkább a lényegre irányítsuk a figyelmet. Jó szórakozást és sikeres munkát kívánunk!

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a nevezési lappal együtt a következő címen várjuk 2008. február 25-ig postára adva:

KÖKÉL „Miért”

ELTE Főiskolai Kémiai Tanszék

Budapest Pf. 32.

1518

1. Az elemek esetében a rendszám folyamatosan (monoton) változik, a tulajdonságok viszont periodikusan. Miért?
2. Milyen kötések alakulnak ki az alábbi jelenségek lejátszódása után?
Ammónia és hidrogén-klorid gáz találkozik egymással.

Ezüst-nitrát ammóniás oldatából a szőlőcukor tükröt választ ki (pl. karácsonyi dísz készítése).

Vízbe fémkalciumot helyezünk.

A homokkal összekevert magnéziumport magnéziumszalaggal begyűjtjük.

Forraláskor a tej felületén vékony hártya („pille”) keletkezik.

3. Egy kémcsőben kb. 5 cm^3 vizet forralunk, majd a kémcsövet gyorsan egy dumidugóval lezárjuk. Meglepő módon azt tapasztaljuk, hogy a kihűlő víz forrásba jön. Miért?

4. A tejszín, a tojásfehérje látszólag megszilárdul, amikor habbá verjük. Mi történik valójában?

5. A szappanbuborék szabályos gömb alakú. Miért? Egyúttal mit is bizonyít a gömbalak?

6. Az erkélyen hagyott szénsavmentes ásványvizek közül az erős lehűlés hatására az egyik megfagyott. Mit mondhatunk az ásványvizek összetételéről?

Feladatok kezdőknek

Alkotó szerkesztő: Tóth Albertné

toth.albertne@freemail.hu

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk 2008. február 25-ig postára adva:

KÖKÉL Feladatok kezdőknek

Irinyi János Gimnázium és Szakközépiskola

4024 Debrecen

Irinyi utca 1.

K81. Az alumíniumbronznak nevezett anyag alumínium és réz ötvözet. Valamely minta 22,00 m/m % Al-ot és 78,00% rezet tartalmaz. A két "tisztá" fém adatai (sűrűség, fajhő, relatív atomtömeg):

$$\rho(\text{Al})=2,70 \text{ g/cm}^3, c(\text{Al})= 900,21 \text{ J/kg}^\circ\text{C}, A_r(\text{Al})= 27,00$$

$$\rho(\text{Cu})=8,96 \text{ g/cm}^3, c(\text{Cu})= 385,20 \text{ J/kg}^\circ\text{C}, A_r(\text{Cu})=63,54$$

- Mennyi a nevezett ötvözetben az Al:Cu atomok aránya ?
- Mennyi az ötvözet átlagos sűrűsége?
(Feltételezzük, hogy az olvadékok keveredésekor nem számottevő a térfogatváltozás)
- Mennyi az alumíniumbronz átlagos fajhője?

K82. Két PB gázpalack azonos nyomású és hőmérsékletű gázelegyet tartalmaz. Az egyik palackban 5:1, a másikban 1:14 a propán és a bután anyagmennyiségének az aránya.

- Hányszor nagyobb a második palackban lévő gázelegy sűrűsége az elsőben lévőétől?
- Mennyi az egyes palackokban levő gázelegy égéshője MJ/kg egységben? (A propán égéshője - 50,5 MJ/kg, a butáné -51,1MJ/kg)

K83. 1,235 g/cm³ sűrűségű, 100,0cm³ térfogatú, 32,00 tömeg %-os kénsav-oldatot 1,440 g/cm³ sűrűségű, ismeretlen térfogatú és töménységű kénsav-oldattal elegyítünk. Az összekeverés után kapott 48,00 tömeg %-os oldat térfogata 328,5 cm³, sűrűsége 1,380 g/cm³.

- Határozd meg az ismeretlen kénsav térfogatát, és tömeg %-os H₂SO₄ tartalmát!
- Hány %-os térfogatcsökkenés lépett fel az elegyítés során?

K84. A kémiaszertár hűtőszekrényében (0°C-on) tárolt 500,0 gramm ammónia-oldat a kivételét követően a laboratóriumban 25° C-ra melegedett fel. Az oldatból kibuborékkolt gáz a folyadék feletti térben gyűlt össze, lényegesen megnövelve ezáltal a palackban uralkodó nyomást.

- Mekkora térfogatot töltene be ez a gázmennyiség 25° C-on 0,10 MPa nyomáson?
- Hány tömeg %-os a hűtőszekrény-, illetve a laboratórium hőmérsékletén tartott telített NH₃-oldat ?
- Az NH₃ vízben való kiváló oldhatóságát ("mohó") azzal szokás illusztrálni, hogy 1,00 liter vízben hány liter NH₃ oldódik. Mennyi ez a térfogat standard állapotú NH₃ esetén ?

Oldhatósági adatok 0,1 MPa nyomású gáz esetén:

0°C-on: 87,50 g NH₃ /100,0 gramm víz;

25°C-on: 48,62 g NH₃ /100,0 gramm víz.

K85. Hány gramm CuSO₄·5H₂O kristályosítható ki 192,0 gramm 80 °C-on

telített réz-szulfát-oldatból, ha azt 0° C-ra hűtjük le?

Oldhatósági adatok: 0 °C-on: 14,30 gramm CuSO₄ /100 gramm víz

80 °C-on: 53,60 gramm CuSO₄ /100 gramm víz

Amennyiben a 192,0 gramm tömegű oldat 100 °C-on telített, akkor a 0°C-ra történő hűtés eredményeképpen 113,77gramm tömegű CuSO₄•5H₂O-hoz jutunk. Mennyi a réz-szulfát oldhatósága 100 °C-on?

AZ ELSŐ FORDULÓ EREDMÉNYEI

NÉV	OSZT.	ISKOLA	PONT-SZÁM
Antalicz Gergő	9.o.	Bethlen Gábor Ref.Gimn.Hódmezővásárhely	12
Bagóczki Zsolt	8.a	Bethlen Gábor Ref.Gimn.Hódmezővásárhely	12
Bedics Gábor	9.o	Cisztercei Rend Nagy L. Gimn. és Koll.Pécs	18
Berei József	10.a	Zrínyi Miklós Gimn.Zalaegerszeg	13
Bizvurm Rebeka	9.c	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	9
Borza Ágnes	9.o.	Eötvös József Gimn.Budapest	18
Böröndy Áron	8.o	Eötvös József Gimn.Budapest	23
Császár Orsolya	9.o	Földes Ferenc Gimn. Miskolc	12
Csordás Dóra	9.a	Kempelen Farkas Gimn.Budapest	19
Eördög Ádám	10.o	Pécs Cisztercei Rend Nagy Lajos Gimn.	20
Dávid Gergely	9.n	Zrínyi Miklós Gimn.Zalaegerszeg	10
Fábián Alíz	9.o.	Radnóti Miklós Kísérleti Gimn.Szeged	16
Gulyás Balázs	9.a	Zrínyi Miklós Gimn.Zalaegerszeg	3
Holló Beatrix	8.o	Patrona Hungariae Gimn.Budapest	7
Kertesi Andrea	10.a	Kempelen Farkas Gimn.Budapest	22
Kerti Gabriella	9.a	Ady Endre Gimn. Debrecen	20
Kiss Gergő	9.n	Zrínyi Miklós Gimn.Zalaegerszeg	6
Kovács Benjámín	9.o.	Leőwei Klára Gimn.	13
Kovács Márk	10.a	Zrínyi Miklós Gimn.Zalaegerszeg	14
Kovács Orsolya Panna	8.a	Kempelen Farkas Gimn.Budapest	20
Kovács Soma	9.a	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	13
Kótai Angelika	9.a	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	3
Lővei Péter	10.b	Árpád Gimnázium Budapest	6
Magyarlaki	9.b	Leőwei Klára Gimn.Pécs	9

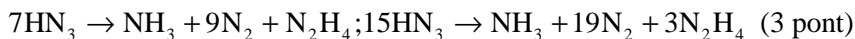
Bence			
Mayer Csilla	10.a	Kempelen Farkas Gimn.Budapest	23
Mayer Martin János	10.o.	Cisztercei Rend Nagy L. Gimn. és Koll.Pécs	23
Máté Márta	9.o.	Szilágyi E. Gimn.Budapest	22
Molnár Dávid	9.b	Berzsenyi Dániel Gimnázium Budapest	15
Morapitye Sunil	9.o.	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	19
Najbauer Eszter	10.o.	Cisztercei Rend Nagy L. Gimn. és Koll.Pécs	23
Németh Klára	10.b	Zrínyi Miklós Gimn.Zalaegerszeg	10
Némethy Anna	9.b	Zrínyi Miklós Gimn.Zalaegerszeg	14
Nor Soho Roy	9.a	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	20
Novográdecz Gergely	9.a	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	6
Pacsai Anna	8.o.	Patrona Hungariae Gimn.Budapest	2
Pajor Gerjén	9.a	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	3
Pelyvás Lívía	9.c	Erdei Grúz Vegyipari és Környezetvédelmi Szakk.10	10
Péter Zsófia	9.c	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	6
Rátky Tímea	9.b	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	0
Rutkai Zsófia Réka	8.a	Jedlik Ányos Gimn.Budapest	19
Sebő Anna	9.c	Illyés Gyula Gimn. és Közg. Szak.Budaörs	21
Szenczi Zsófia	8.b.	Patrona Hungariae Gimn.Budapest	3
Szatmári György	9.a	Bethlen Gábor Ref.Gimn.	13
Szirják Márk	9.a	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	6
Sveiczter Attila	9.o.	Eötvös József Gimn.Budapest	19
Tóth Adrienn	10.a	Zrínyi Miklós Gimn.Zalaegerszeg	4
Tóth András	9.a	Kaposvári Táncsics Mihály Gimn.	0
Tuza Réka	8.o.	Patrona Hungariae Gimn.Budapest	11
Varró Nikolett	9.o	Bethlen Gábor Ref.Gimn.Hódmezővásárhely	17

Feladatok haladóknak

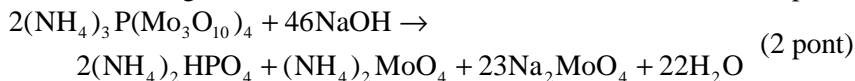
*Alkotó szerkesztő: Varga Szilárd
(szilard.varga@bolyai.elte.hu)*

Megoldások

H71.



Ezt az egyenletet többféleképpen ki lehet egészíteni, mivel 2 független folyamat van egy egyenletbe foglalva: a $3\text{HN}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + 4\text{N}_2$ és a $4\text{HN}_3 \rightarrow 5\text{N}_2 + \text{N}_2\text{H}_4$ reakciók. Ezt a két utóbbi egyenletet viszont már csak egyféleképpen lehet kiegészíteni. Ezek tetszőleges lineáris kombinációja megfelelő kiegészítése az eredeti egyenletnek. Végtelen számú lehetőség van. (3 pont)



A feladattal 25-en foglalkoztak. Nem jelentett több megoldást, ha valaki többféleképpen egészítette ki a víz ionjaival az első egyenletet. A 2 egyenlet esetén egy egyenlet felírása 2 pont, míg a maradék 1 pontért elég volt felírni 1 másik, lineárisan független megoldást. Hibátlanul 5-en oldották meg a feladatot (Bacsó András, Kiss-Tóth Annamária, Mestyán Márton, Szabó Orsolya, Vörös Tamás).

Stirling András

H72.

Legyen az **A** vegyület moláris tömege M_A , a **B** vegyületé M_B . Mivel **A** vizes oldata savas, biztosan tartalmaz karboxilcsoportot (fenolos hidroxilcsoportot feltételezve, a feladatot megoldva kapott összegképlethez, nem rendelhető valós szerkezet). Mivel egy karboxilcsoport fél mól H_2 -t fejleszt és egy mol NaOH -t fogyaszt, ezért a karboxilcsoportok $1,563 \text{ mmol} \cdot 0,5 = 0,7815 \text{ mmol}$ gázt fejlesztettek.

Összesen $\frac{25,52 \text{ cm}^3}{24,5 \text{ cm}^3/\text{mmol}} = 1,042 \text{ mmol}$ hidrogén fejlődött. A maradék

gáz csak hidroxilcsoportokból fejlődhetett.

Ha **A** molekulánként a db karboxil-, és b db hidroxilcsoportot tartalmaz, akkor a felírható egyenletek:

$$\frac{a \cdot 0,1\text{g}}{M_A} = 1,563 \text{ mmol}$$

$$\frac{0,5b \cdot 0,1\text{g}}{M_A} = 1,042\text{mmol} - 0,7815\text{mmol} = 0,2601 \text{ mmol}$$

Innen egyrészt $\frac{a}{b} = 3$, másrészt $M_A = 64a \text{ g/mol}$. Mivel a osztható 3-mal

és $M_A < 200 \text{ g/mol}$, ezért $a = 3$, $b = 1$ és $M_A = 192 \text{ g/mol}$. Ebből 3 db COOH és 1 db OH csoport. A maradék – ami a feladat szövege szerint csak szén és hidrogénatomokból áll – moláris tömege $(192 - 3 \cdot 45 - 17) \text{ g/mol} = 40 \text{ g/mol}$. Ez csak úgy lehetséges, ha ezt a maradékot három szén-, és négy hidrogénatom alkotja.

Tehát **A** lehetséges molekulaszervezetei:

1. $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-C(COOH)}_3$
2. $\text{HOCH}_2\text{-CH}_2\text{-C(COOH)}_3$
3. $\text{CH}_3\text{-C(OH)(COOH)-CH(COOH)}_2$
4. $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH(OH)-CH(COOH)}_2$
5. $\text{HOCH}_2\text{-CH(COOH)-CH(COOH)}_2$
6. $\text{HOOC-CH(OH)-CH}_2\text{-CH(COOH)}_2$
7. $\text{CH}_3\text{-C(COOH)}_2\text{-CH(OH)-COOH}$
8. $\text{HOOC-CH}_2\text{-C(COOH)}_2\text{-CH}_2\text{OH}$
9. $\text{HOOC-CH(OH)-CH(COOH)-CH}_2\text{COOH}$
10. $\text{HOOC-CH}_2\text{-C(OH)(COOH)-CH}_2\text{COOH}$

Ezek közül csak a 2., 8., és 10. molekula akirális. A 2. és 8. szerkezetekben azonban a karboxilcsoporthoz képest β -helyzetben kettős

kötés található, az ilyen karbonsavak pedig sósavval való melegítés hatására dekarboxileződnek (CO_2 fejlődik).

A kiindulási **A** vegyület tehát a **citromsav** ($\text{HOOC-CH}_2\text{-C(OH)(COOH)-CH}_2\text{-COOH}$).

B-t 1,370 mmol NaOH semlegesíti, illetve fémnátrium hatására $\frac{16,78 \text{ cm}^3}{24,5 \text{ cm}^3/\text{mmol}} = 0,6850$ mmol hidrogén fejlődik belőle. Mivel az előbbi

mennyiség az utóbbinak a fele, ezért **B** nem tartalmaz hidroxilcsoportot (Ezt a permanganátos oxidáció alapján is sejtettük volna, legfeljebb azt tudtuk meg, hogy sem **A**, sem **B** nem tartalmaz fenolos hidroxilcsoportot. Ez ugyanis savas jellegű és hidrogéngáz is fejlődik belőle.)

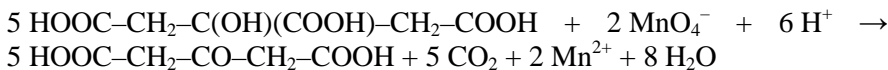
Ha **B** molekulánként c db karboxilcsoportot tartalmaz, akkor a felírható egyenlet:

$$\frac{c \cdot 0,1 \text{ g}}{M_B} = 1,370 \text{ mmol}$$

Innen $M_B = 73c$ g/mol. Mivel c nem lehet páratlan (ekkor M_B páratlan volna, ez pedig nem lehetséges egy csak C, H és O atomokból álló vegyület esetén), ezért $c = 2$, azaz $M_B = 146$ g/mol.

Ebből 2 db COOH csoport, ezek valószínűleg a láncvégi karboxilcsoportok. A 2-es szénatomon nem következett be lánchasadás, mert az így keletkező vegyületek moláris tömege kisebb, mint 146 g/mol. Ezért az ehhez a szénatomhoz tartozó hidroxilcsoport csak oxocsoporttá oxidálódott. Ekkor viszont a szénnek csak úgy lehet négy vegyértéke, ha az ehhez a szénatomhoz tartozó karboxilcsoport lehasadt, méghozzá széndioxid formájában.

A **B** vegyület tehát a **2-oxo-1,3-propándikarbonsav** ($\text{HOOC-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$), a reakció egyenlete pedig:

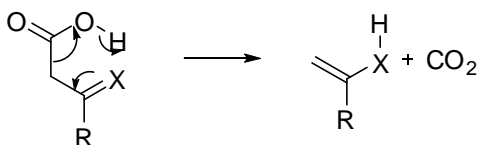


Megjegyzések

- A feladatra 21 megoldás érkezett, hibátlan megoldás nem volt. 9 pontot ért el Batki Júlia és Pröhle Zsófia. A megoldások átlaga 6,3 pont.

- Sokan eljutottak a citromsav és a 2-oxo-1,3-propándikarbonsav szerkezeti képletéig, de az indoklás hiányos volt. Többen kihasználták, hogy **A** akirális, a dekarboxileződés elmaradását azonban nem vették

figyelembe. Volt olyan versenyző, aki éppen ezért olyan szerkezeti képletet adott meg, amelyben egy szénatomon több karboxilcsoport van, márpedig az ilyen karbonsavak savas főzés hatására szinte mindig dekarboxileződnek. Sőt, savas főzés és/vagy melegítés hatására általában dekarboxileződnek a β -helyzetben kettős kötést tartalmazó karbonsavak is. Az általános reakciómechanizmus:

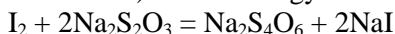


Az X lehet oxo-, imin- vagy tetszőleges alkilidencsoport (az első két esetben természetesen a végtermék tautomerizálódik és újra oxovegyületet, illetve imint kapunk); R pedig tetszőleges csoport.

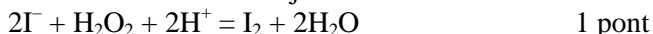
Komáromy Dávid

H73.

a) A **II** – **IV** színes vegyületeket tartalmazó oldatokat nátrium-tioszulfát mérőoldattal való titrálással szintelenítjük el; feltételezhetőleg jódot (vagy polijodid iont tartalmaznak). A titrálás egyenlete a következő:



A jodidionok hozzáadott hidrogén-peroxid hatására savas közegben a következő egyenlet szerint oxidálódnak jóddá:



b) Az ismeretleneknél a tioszulfát fogyása nagyobb volt a hidrogén-peroxid hozzáadása utáni mérésnél. Tehát a kiindulási oldatok jodidot és jódot (kivéve az **I** oldat) is tartalmaznak. A két titrálás során fogyott tioszulfát mennyiségének arányát a következő táblázat tartalmazza:

Vegyület	$V(Na_2S_2O_3, 2) : V(Na_2S_2O_3, 1)$
II	3 : 2
III	4 : 3
IV	5 : 4

A kísérleti eredmények alapján a vegyületek a következő általános képlettel írhatók le: $Al_n m_k I_2$ (ahol, $k = \mathbf{I} - \mathbf{IV}$; az **I** vegyületnél $m_1 = 0$, mivel csak jodidot tartalmaz, és jódot nem). Mindegyik minta tömege

megegyezik, moláris tömegeik arányát így könnyű kiszámolnunk. Legyen x a minta tömege és M_k az **I** – **IV** vegyületek moláris tömege. Ekkor a következő összefüggéseket írhatjuk fel ($\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_k$ az k -adik vegyületre a második titrálás során fogyott nátrium-tioszulfát anyagmennyisége):

$$\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_I = \frac{nx}{M_I} ;$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_k = \frac{(n + 2m_k)x}{M_k} ;$$

$$\begin{aligned} \frac{M_k}{M_I} &= \frac{(n + 2m_k)\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_I}{n\nu(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_k} = \\ &= \frac{(n + 2m_k)V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_I}{nV(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_k} = \\ &= \left(1 + 2\frac{m_k}{n}\right) \frac{V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_I}{V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 2)_k}. \end{aligned}$$

Az m_k/n arány a két titrálás során fogyott tioszulfát mennyiségének arányából mindegyik vegyületre kiszámítható (**II**, **III**, **IV** esetén rendre 1; 1,5; 2). A moláristömeg-arányokat a harmadik egyenletből így már számolhatjuk:

$$M_I : M_{II} : M_{III} : M_{IV} = 1 : 1,974 : 2,464 : 2,962.$$

A kation moláris tömegének számításához a következő egyenletekből indulhatunk ki:

$$M(A) + (n + 2m_k)M(I) = M_k$$

$$M(A) + nM(I) = M_I$$

Átalakítva:

$$M(A) = \left(\frac{2m_k}{M_k / M_I - 1} - n \right) M(I)$$

Mivel m_k -nek és n -nek csak az arányát ismerjük, próbálgatással kell megkeresnünk a kation vegyértékét (n). A megfelelő m_k értékek a táblázatban találhatóak:

Vegyület	m_k			
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
II	1	2	3	4
III	1,5	3	4,5	6
IV	2	4	6	8

A kation tömegének kiszámításánál csak $n = 1$ esetén adódik elfogadható eredmény: $M(A) = 133,7$ g/mol. Tehát a kation a **cézium**. A vegyületek a következők: **I** = CsI; **II** = CsI₃; **III** = CsI₄ (Cs₂I₈); **IV** = CsI₅.

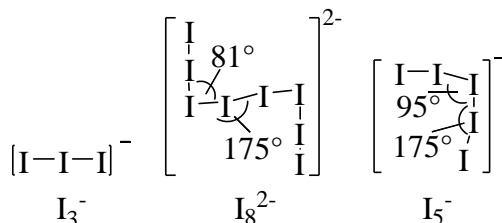
5 pont

c) A minták tömege:

$$x = 260 \cdot 7,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 = 0,1 \text{ g.}$$

1 pont

d) Az anionok alakjai:



3 pont

A feladatra elég kevés megoldás érkezett. Hibátlan megoldást Kiss-Tóth Annamária küldött be. A pontátlag 48,3%-os.

Varga Szilárd

H74.

a) Egy lehetséges megoldás:

A feladatban van egy könnyedén megfogható pont: A **J** ismeretlen körülírása egyértelműen a karbamidra utal. Egyrészt Wöhler miatt, de aki ennek a tudománytörténeti ismeretnek nincs birtokában, az az NH₄OCN-ből rendelkezik egy lehetséges összegképlettel (CH₄N₂O), illetve egy előfordulással. Ha a fentiek alapján kitaláltuk, hogy a **J** a karbamid, akkor **F** és **I** kitalálása sem jelenthet gondot. A kiindulási **F** vegyület egy olcsón szintetizálható gáz, aminek nitrogént és hidrogént kell tartalmaznia, így **F** az ammónia. Ezután már egy olyan egyenletünk van, amelynek tudjuk a kiindulási vegyületeit, valamint tudjuk, hogy a termék hevítve vizet veszít, és karbamidot ad. Ez alapján **I** az ammónium-karbamát.

B vegyületről tudjuk, hogy lapcentrált kockarácsban kristályosodó ionos vegyület. Tehát kationt és aniont kell keresnünk. Tudjuk, hogy egy viszonylag erős, de illékony sav sója, hiszen a kénsav második protonja csak $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on űzi ki. Ugyanakkor tudjuk, hogy a keletkező sav vizes oldata megtalálható az emlősállatokban, és ráadásul a só nagy mennyiségekben megtalálható a természetben. Mindezen információk alapján jó választás lehet valamilyen gyakori, egyszeresen pozitív kation kloridja (pl. NaCl vagy KCl).

Ezek alapján következtethetünk arra is, hogy **G** NH_4Cl : sem az ammónia vagy ammóniumion, sem a kloridion nem lehet jelen **A**-ban, hiszen az 1-es úton haladva ezek nem kerülnek a végtermékbe. **B** kationjának megfejtéséhez később további megfontolásokat tehetünk.

E megfejtése: Mivel úgy sejtjük, hogy **C** két lépéses keletkezése során HCl (**D**) volt a melléktermék, **C**-nek egy szulfátnak kell lennie. A szulfátból és CaCO_3 -ból, valamint szénből egyéb termékek mellett CO keletkezett.

Ez két módon történhet:

- 1) A karbonát redukálódik,
- 2) a szén oxidálódik.

Az első lehetőség az adott vegyületek mellett nem túl valószínű, míg második annál inkább: a szulfátot a szén redukálta. (Meg kell jegyeznem, hogy az eljárást gyakran CO_2 végtermékkel találjuk meg. A CO megjelenése főleg a folyamat végén jellemző, így ezen mérgező gáz lángjának felcsapását használták a folyamat végének jelzésére. A CO_2 -vel felírt egyenlet jó megoldás, sőt, a teljes folyamatot pontosabban írja le.)

A 2-es út során nem alkalmazunk sem Ca, sem S-tartalmú vegyületet, ezért **A** nem, de **E** tartalmazza ezen elemeket.

Mivel **E**-ből víz hatására, kellemetlen szagú anyag szabadul fel, **E** valószínűleg CaS .

Sok megoldásban szerepel a CaSO_3 , ami valóban egy lehetséges redukált termék (és csekély mennyiségben keletkezik is a folyamat során), viszont vízzel való reakciója nem termel sok SO_2 -t, hiszen a hidrogén-szulfid ion nem elég erős bázis, ráadásul levegő jelenlétében könnyen oxidálódik.

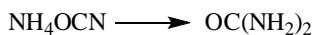
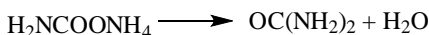
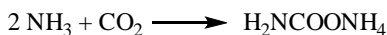
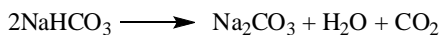
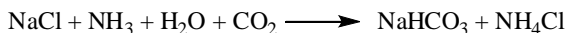
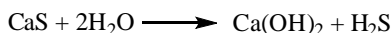
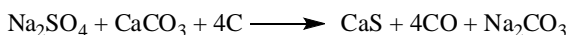
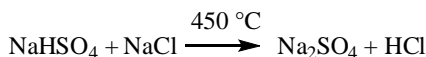
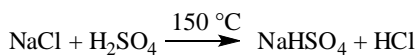
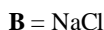
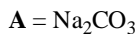
A fentiek alapján **A** egy karbonát, ami összhangban van az üvegipari és tisztítószerként való felhasználással.

Mivel **H**-t hevítve CO_2 , H_2O és karbonát keletkezik, **H** feltehetően egy hidrogén-karbonát.

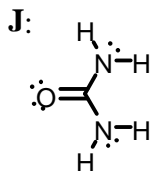
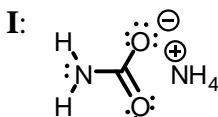
A kationprobléma eldöntésére két lehetőség van. Egyrészt, mivel **H**-t a háztartásban alkalmazzuk, tudhatjuk, hogy ez a NaHCO_3 , és ekkor **B** a NaCl . A másik lehetőség a feladat második mondatát is figyelembe véve abból a felismerésből fakadhat, hogy a séma a Le Blanc- (1) és a Solvay-féle (2) szóda-, azaz Na_2CO_3 -gyártást ábrázolja. Az utóbbi folyamatban (mely nagy előrelépést hozott) kihasználjuk a NaHCO_3 csekély vízoldhatóságát: a 2-es út első lépésénél ez a vizes oldatból jórészt kicsapódik, míg az NH_4Cl oldatban marad (a KHCO_3 oldhatósága jóval nagyobb, erre alkalmatlan lenne).

Ismeretlenek:

Egyenletek:

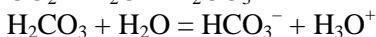


Ha egy reakció két lépésben zajlik le, azt érdemes két egyenletként felírni.



b) A szerkezeti képleteknél gyakori hiba volt a karbamátion egyik oxigénje és az ammóniumion közé rajzolt kovalens kötés. Ez helytelen, mivel így a nitrogén körül 5 kötés (5 kötő elektronpár) lenne. A nemkötő elektronpárokkal nem sokan számoltak el, és a negatív töltést többen egy elektronpárral összetéveszthetően tüntették fel. Ez utóbbi probléma megelőzhető azzal, ha a töltéseket bekarikázzuk, vagy ha a szögletes zárójeleken kívül tüntetjük fel azokat.

c) **F** alkalmazását egyszerűen az indokolja, hogy ammónia nélkül a reakcióelegyben a CO_2 nagy többsége nem HCO_3^- alakjában, hanem CO_2 -ként lenne jelen. Az ammónia tulajdonképpen bázisként, majd pufferként a $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$



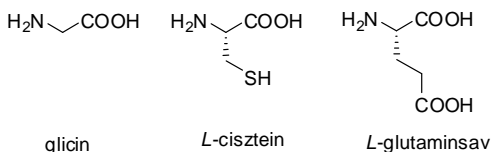
reakciókban keletkező protonokat köti meg, ezáltal az egyensúlyokat tolja el a felső nyíl irányába, biztosítva ezzel a NaHCO_3 -ra nézve telített oldatot.

Daru János

H75.

a) A tripeptidet három természetes aminosav alkotja. A peptidben csak két kiralitáscentrum található, ebből arra lehet következtetni, hogy az egyik aminosav a kiralitáscentrumot nem tartalmazó **glicin**. Az oxidált állapotban történő dimerizációból arra következtethetünk, hogy a dimert cisztein részletek oxidálásával képződő cisztin tartja össze. Tehát a másik peptidépítő aminosav a **cisztein**. A töltésszámokból, illetve a titrálás eredményéből arra következtetünk, hogy a peptidben két szabad savas csoport található. Az egyik ebből a peptid C-terminálisán lévő karboxilcsoport, a másik a harmadik aminosav oldalláncán található. Ilyen aminosavak a glutaminsav, az aszparaginsav, illetve a tirozin. Az oxigéntartalom alapján a harmadik aminosav a **glutaminsav**.

Tehát a peptidet alkotó aminosavak:

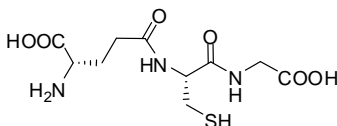


4 pont

b) Mivel a dimer a középső aminosavon keresztül alakul ki, ezért a cisztein a középső aminosav. Mindegyik aminosav hordoz -1 töltést erősen bázikus közegben, ezért a glicin található a C-terminálison. Az N-

terminálison a glutaminsav található. A peptidben található két kiralitáscentrum a lehető legtávolabb helyezkedik el, ezért a glutaminsav nem az α -, hanem a γ -karboxilcsoportjával vesz részt a peptidkötés kialakításában.

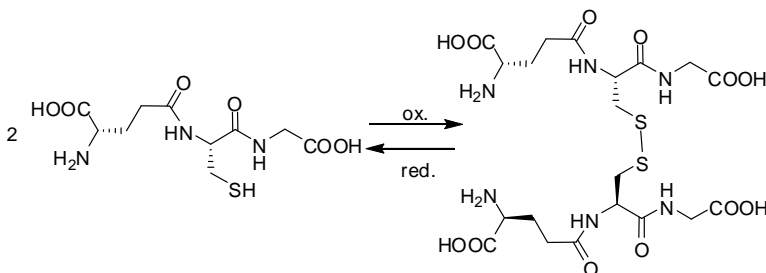
Tehát a tripeptid szerkezete:



Ez a tripeptid a γ -glutation (γ -L-glutamil-L-ciszteinil-glicin).

3 pont

c)



1 pont

d) A feladatrészt megfogalmazása nem volt egyértelmű, nem derült ki, hogy az aminosavak csak egyszer vagy többször is szerepelhetnek a tripeptidben. Ezért mind a két megoldás helyesnek elfogadható.

Tripeptid alatt olyan molekulát értünk, amelyben három aminosav és két peptidkötés található.

d1) Az aminosavak többször is szerepelhetnek. A glutaminsav két különböző peptidkötést tud kialakítani, ezért a probléma hasonlít arra, mintha négy aminosavunk lenne; kivéve a C-terminálist, mivel azon csak egyféle módon tud elhelyezkedni (csak egy NH_2 -csoport van benne). Tehát az N-terminálisra és a középső helyre 4–4 aminosavból választhatunk, míg a C-terminálisra 3 aminosavból. Tehát összesen ilyen tripeptidből 48 képzelhető el. Figyelembe kell venni azt a furcsa peptidet

is, aminek két C-terminálisa van. Azaz a közepén elhelyezkedő glutaminsav mindkét karboxilcsoportjához peptidkötéssel kapcsolódnak aminosavak. Ilyen tripeptidből 9 található. Tehát összesen **57** tripeptidet építhetünk fel ezzel a három aminosavval.

d2) Az aminosavak csak egyszer szerepelhetnek. Három aminosavból 6 különböző tripeptid építhető fel. Ezen tripeptidekből 2-ben található glutaminsav a C-terminálison, a másik 4 peptidben kétféleképpen kapcsolódhat, tehát ezeket is figyelembe kell venni. Ebben az esetben sem felejtkezhetünk meg a kettő C-terminálist tartalmazó peptidekről, ezekből ebben az esetben 2 képzhető el. Tehát **12** tripeptidet építhetünk fel ezzel a három aminosavval.

2 pont

A feladatra sok megoldás érkezett. Hibátlan megoldást Sarka János küldött be. A feladat megoldásánál problémát jelentett a glutaminsav γ peptidkötésének felismerése, illetve az utolsó feladatrésznél ennek a tulajdonságnak a kihasználása. A pontátlag 78,5%-os.

Varga Szilárd

HO-26.

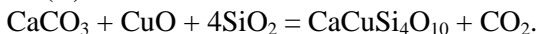
a)

Krómszöld, króm(III)-oxid: $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{S} = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$;

Ólom-ón-sárga, ólom(II)-szulfid: $2\text{PbO} + \text{SnO}_2 = \text{Pb}_2\text{SnO}_4$;

Mínium, ólom(II,IV)-oxid: $6\text{PbO} + \text{O}_2 = 2\text{Pb}_3\text{O}_4$;

Egyiptomi kék, kalcium-réz(II)-szilikát:



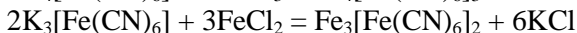
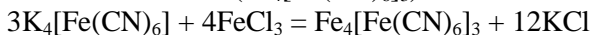
Ez a feladatrész 2 pontot ért. A legtöbb nehézséget az egyiptomi kék festék okozta.

b) A bórax, mint „folyósítószer” csökkenti az elegy olvadáspontját, ezáltal a reakció gyorsabban lejátszódhat. A nyers termék vizes és híg sósavas mosással tisztítható (ezzel a bórax, a kalcium-karbonát és a réz(II)oxid távolítható el). A feleslegben maradt szilícium-dioxidot nem kell eltávolítani; mivel átlátszó, nem zavarja a festék színét.

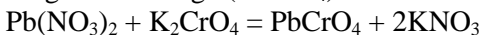
1 pont

c)

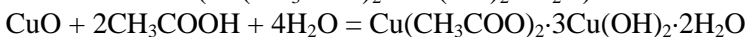
Kék: Turnbull-kék ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$) és Berlini-kék ($\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$)



Sárga: Krómsárga (PbCrO_4)



Zöld: rézrozsa ($\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)



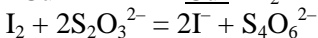
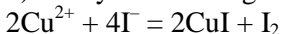
Vörös: cinóber (HgS)



A vörös módosulatot szublimáció, vagy átkristályosítás után nyerjük.

Ez a feladatrész 2 pontot ért. Sok más helyes megoldás is érkezett a különböző festékekre, de az esetek jelentős részében a reakcióegyenletek hiányoztak. Különösen gazdag volt Kovács Bertalan és Sarka János felsorolása.

d) Az ily módon meghatározható fém a réz. A meghatározás egyenletei:



A tioszulfát mérőoldat fogyásából számítható a minta réztartalma, amit 58,48%-nak találtunk.

2 pont

e) A festékek közül, csak az egyiptomi kék tartalmaz rezet. Ennek a festéknek a réztartalma 16,90%. Tehát az ismeretlen festék **nem** lehet az egyiptomi kék.

1 pont

f) A fekete por a réz(II)-oxid, az ismeretlen gáz a szén-dioxid. Ezek alapján kiszámíthatjuk a festék tapasztalati képletét, ami $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{CO}_5$. Tehát a zöld por a **malachit** ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$).

2 pont

Hibátlan megoldást Kiss-Tóth Annamária, Pröhle Zsófia és Sarka János küldött be. A pontátlag 76,7%-os.

Varga Szilárd

HO-27.

a) A redoxi folyamat: $\text{ox}_1 + \text{red}_2 = \text{red}_1 + \text{ox}_2$. Jelölje ε_1 és ε_2 a két reagáló rendszer redoxpotenciálját:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_1^0 + \frac{0,059}{n_1} \lg \frac{c_1^{\text{ox}}}{c_1^{\text{red}}}; \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_2^0 + \frac{0,059}{n_2} \lg \frac{c_2^{\text{ox}}}{c_2^{\text{red}}};$$

és legyen $\varepsilon_1^0 > \varepsilon_2^0$! Tehát az 1. rendszer erősebb oxidálószer, a 2. rendszer erősebb redukálószer. A reakció végén beáll az egyensúly, tehát $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$. Ezt az egyenlőséget kifejtve kapjuk:

$$\varepsilon_1^0 + \frac{0,059}{n_1} \lg \frac{c_1^{ox}}{c_1^{red}} = \varepsilon_2^0 + \frac{0,059}{n_2} \lg \frac{c_2^{ox}}{c_2^{red}};$$

$$\text{azaz } \varepsilon_1^0 - \varepsilon_2^0 = 0,059 \lg \frac{(c_2^{ox})^{n_2} (c_1^{red})^{n_1}}{(c_2^{red})^{n_2} (c_1^{ox})^{n_1}};$$

$$\text{tehát } \frac{(c_2^{ox})^{n_2} (c_1^{red})^{n_1}}{(c_2^{red})^{n_2} (c_1^{ox})^{n_1}} = 10^{\frac{\varepsilon_1^0 - \varepsilon_2^0}{0,059}}.$$

Az egyenlet jobb oldalán egynél jóval nagyobb pozitív szám áll, ami azt jelenti, hogy a redoxi egyensúly a fenti redoxegyenlet jobb oldala felé van erősen eltolódva, tehát valóban a gyengébb oxidáló és gyengébb redukálószer képződése a kedvezményezett. (3 pont)

b) A sav-bázis folyamat: $HA + B^- = A^- + HB$. Egy adott oldószerben az egyes részfolyamatok: $HA = H^+ + A^-$; $HB = H^+ + B^-$. Ebben az oldószerben a két disszociációs folyamathoz tartozó egyensúlyi állandók K_A és K_B . Legyen $K_A > K_B$! Tehát a HA vegyület erősebb sav az adott oldószerben, mint HB, így viszont a B^- erősebb bázis, mint A^- . A fenti sav-bázis folyamat egyensúlyi állandója a következőképpen írható fel:

$$K = \frac{c_{A^-} \cdot c_{HB}}{c_{HA} \cdot c_{B^-}} = \frac{K_A}{K_B}, \text{ azaz az egyensúlyi állandó értéke egy egynél nagyobb}$$

szám. Tehát a fenti sav-bázis egyensúly szerint a gyengébb bázis A^- és a gyengébb sav HB képződése a várható. (3 pont)

c) Ott várható hidrogénkötés kialakulása, ahol az erősebb sav a protondonor. Az **A** lehetőség kizárható, mivel az alkoholos OH gyengébb sav, mint a karboxilos OH. A **B** és **C** intramolekuláris hidrogénkötések képződése viszont várható. A c) *részfeladat Dr. Majoros Béla: Elméleti szerves kémiai példatár, Tankönyvkiadó, 1983 munkájából való.* (2 pont)

d) A sav-bázis folyamat: $H_3O^+ + H_2O = H_2O + H_3O^+$, tehát itt két teljesen azonos erősségű sav és bázis egyensúlyáról van szó.

A K_a számítása:

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_2\text{O}]} = 1 \rightarrow K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = [\text{H}_2\text{O}],$$

azaz a $K_a=55,4$, $\text{p}K_a= -1,74$. Az érték a hőmérséklet növekedésével növekszik (abszolút értéke csökken), mivel a víz tágul, tehát koncentrációja csökken, valamint – bár sokkal kisebb mértékben – a kedvezőbbé váló víz-disszociáció is ebbe az irányba befolyásolja a $\text{p}K_a$ értéket. (2 pont)

A feladattal 12-en foglalkoztak. Hibátlan megoldás nem született. A levezetéseket Kovács Bertalan adta meg helyesen. Sokan levezetések helyett hosszú diszkussziókba bocsátkoztak, hogy mit is jelent a kérdés, egyenletek nélkül azonban pontot nem kaphattak. A K_a definíciója megköveteli, hogy a vízkoncentrációval megszorozzuk az egyensúlyi állandót (a K -t), emiatt lesz 1-től különböző értékű és hőmérséklettől függő mennyiség. Az átlagpontszám 2,5 lett.

Stirling András és Rokob Tibor András

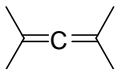
HO-28.

I



neopentán

II



2,4-dimetilpenta-2,3-dién

III



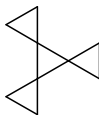
[1.1.1]biciklopentán

IV



adamantán

V



VI

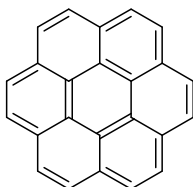
ha, csak egy mono
izomer létezik, akkor

hexametilprizmán

VII



VIII

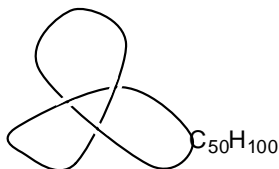


koronén

IX

bisz-ciklopentakozán
(katenán)

X

ciklopentakontán
(molekuláris csomó)

Minden vegyület 1 pontot ért. Hibátlan megoldás nem érkezett, a legjobb megoldásokat Kiss-Tóth Annamária és Sarka János küldte be. A pontátlag 43,7%.

Varga Szilárd

Feladatok

A dolgozatokat a következő címen várjuk 2008. február 25-ig postára adva. A később postázott leveleket nem tudjuk figyelembe venni a pontversenyben! Kérjük a formai követelmények figyelembe vételét!

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

H81. Milyen arányban kell összeönteni 0,1 M-os HCl oldatot és 0,1 M-os H₂A oldatot, hogy az oldatban a HA⁻ és a H₂A speciestek koncentrációja megegyezzen?

A H₂A savállandói: $K_{s1}=9,60 \cdot 10^{-2}$; $K_{s2}=2,90 \cdot 10^{-3}$

A borkősav savállandói $K_{s1}=9,60 \cdot 10^{-4}$; $K_{s2}=2,90 \cdot 10^{-5}$. Végezd el a fenti számítást ezekkel az értékekkel is! Mit tapasztalsz az előzőhöz képest? Vajon mi lehet az oka?

(Klencsár Balázs)

H82. Egy ipari folyamat során képződött anyalúg Cl⁻, SCN⁻ és CN⁻ tartalmát titrimetriásan határoztuk meg. 10,00 cm³-es mintát vettünk, amit 100,0 cm³-re hígítottunk. E törzsoldat 10,00 cm³-ét Liebig szerint (a végpontot a leváló AgCN csapadék jelzi) gyenge zavarosság eléréséig titráltuk cianidra, ekkor 25,00 cm³ 0,01 mol/dm³-es ($f=0,880$) AgNO₃ oldat fogy. Ezután még 100,0 cm³-t mértünk be a fenti AgNO₃ oldatból a titrálólombikba (feleslegben vettük), majd szűrtük az oldatot. A szűrlet fölös Ag⁺-tartalmára 30,40 cm³ 0,01 mol/dm³-es ($f=0,8330$) KSCN-oldat fogyott. A csapadékot szűrés után salétromsavval forraltuk, majd szűrtük. (Segítség: A salétromsavas forralás elbontja az ezüst-rodanidot és az ezüst-cianidot, de az ezüst-kloridot változatlanul hagyja.) A szűrletet

250 cm³-es mérőlombikba mostuk, majd jelre töltöttük, ebből 20,00 cm³-t titráltunk, melynek Ag⁺-tartalmára 5,20 cm³ fogy a fenti KSCN-oldatból.

- Írd fel az analízis során lejátszódó kémiai reakciók rendezett ioneqyenleteit!*
- Add meg az anyalúg Cl⁻, SCN⁻ és CN⁻ tartalmát mol/dm³-ben!*
(Lovas Attila)

H83. Az **A** vegyület összetételét a következő képlettel adhatjuk meg: CoCl₃·5NH₃·H₂O. Mind az **A** vegyület, mind az oldata rózsaszínű. 1 mol **A** vegyület vizes oldatát AgNO₃-tal reagáltatva azonnal 3 mol AgCl csapadékot ad. 1 mol **A** hevítése során 18 gramm víz távozik **B** vegyület képződése mellett. 1 mol **B** vegyület vizes oldatát AgNO₃-tal reagáltatva azonnal 2 mol AgCl csapadékot ad. Ha a szuszpenziót jelentősen meghígítjuk, további 1 mol AgCl csapadék válik le az AgNO₃ hatására (bár nagyon lassan). Az **A** és **B** vegyület komplexionja oktaédres szerkezetű és a ligandumok a lehető legszimmetrikusabban helyezkednek el.

- Mi az **A** és **B** vegyület, nevezd el őket!*
- Írd fel az AgNO₃-tal lejátszódó reakciókat!*
- Milyen komplexion képződik **B**-ből, amivel az Ag⁺ csak lassan reagál? Nevezd el!*
- Rajzold fel **A** és **B** komplexionjainak a szerkezetét! (Használd vastagított és szaggatott ékeket a térszerkezet érzékeltetéséhez!)*
(észt feladat)

H84. Egy vastárgyra elektrolízissel kadmiumréteget (1,00·10⁻² mm) választunk le. A töltésmennyiség méréséhez az elektrolizálócellával sorba kötött KI-coulométert használunk (ezen coulométerben KI-t oxidálunk jóddá elektromos árammal). A coulométerben lévő oldatot 250 cm³-re hígítjuk, majd e törzsoldat 20,0 cm³-es részletét 0,01 mol/dm³-es Na₂S₂O₃ oldattal titráljuk. A fogyás 23,2 cm³ volt. ρ(Cd) = 8,70 g/cm³.

- Írd fel a lejátszódó anód- és katód folyamatokat az elektrolizálócellában, illetve a coulométerben!*
- Számítsd ki a felhasznált elektromos töltés mennyiségét!*
- Számítsd ki a vastárgy felszínét!*

(észt feladat)

H85. Egy ismeretlen, élénksárga színű, szilárd szerves vegyület 1,98 g-ját 12,25 dm³ standard állapotú levegőben maradéktalanul elégetjük. Az égéstermékot szobahőmérsékletre hűtve 0,54 cm³ víz kondenzál. A maradék háromkomponensű gázelegyet 1 dm³, 0,1 M-os NaOH oldatban elnyelve a kapott oldat pH-ja 10,194. Az ezután megmaradó 1 bar nyomású gázelegyben az oxigén parciális nyomása pontosan $\frac{4}{45} \cdot 10^5$ Pa.

A vegyületről tudjuk továbbá, hogy vízben kevésbé oldódik, oldata nagyon enyhén savas kémhatású. Enyhe redukciójával egy sav-bázis amfoter vegyülethez jutunk, mely vizes oldatban bázikus jellegű. Erős redukció hatására egy bázist kapunk. A vegyület ezen kívül Fe(III) ionokkal színreakciót ad. Az ismeretlen közönséges körülmények között brómmal egyáltalán nem reagál, viszont UV fény és 100 °C feletti hőmérséklet hatására intenzív, háromlépéses reakciót tapasztalunk. Vaskatalizátor segítségével, igaz nagyon nehezen, de szintén reakcióra bírható brómmal.

- Add meg a vegyület összegképletét!*
- Add meg az összes lehetséges izomer képletét és nevét, amelyekre a feladatban megadott vizsgálatok mindegyike teljesül!*
- Írd fel a feladatban említett összes reakció egyenletét!*

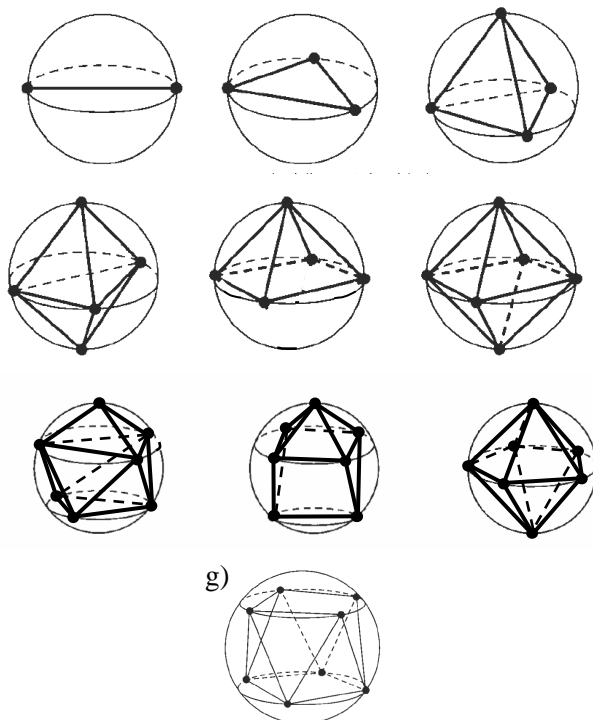
$$K_{s1(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 4,2 \cdot 10^{-7}; K_{s2(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 4,8 \cdot 10^{-11}$$

(Klencsár Balázs)

Vegyértékelektronpár-taszítási elmélet

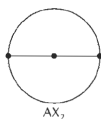
A VSEPR (**V**alence **S**hell **E**lectron **P**air **R**epulsion) elmélet azon alapszik, hogy a molekula vegyértékhéján elhelyezkedő (kötő és nemkötő) elektronpárok taszítják egymást, egymástól a lehető legtávolabb igyekeznek elhelyezkedni. Ezen felismerés alapján a következőképpen becsülhetjük a molekulák alakját. A molekula központi atomját helyezzük el egy képzeletbeli gömb középpontjában, a ligandumokat és nemkötő elektronpárokat pedig a gömb felszínén, oly módon, hogy egymástól a lehető legtávolabb helyezkedjenek el (ez az ún. gömbfelületi modell). A gömbfelületi modell alapján az elektronpárok száma szerint a következő geometriák az optimálisak:

	elektronpárok száma	alakzat
(a)	2	lineáris
(b)	3	trigonális
(c)	4	tetraéder
(d1)	5	trigonális bipiramis
(d2)	5	négyzetes piramis
(e)	6	oktaéder
(f1)	7	egyik oldalán „befedett” oktaéder
(f2)	7	egyik oldalán „befedett” trigonális prizma
(f3)	7	pentagonális bipiramis
(g)	8	négyzetes antiprizma

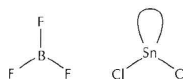
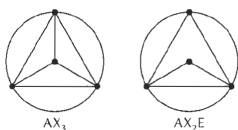


Ezek az alakzatok adják meg a molekulák alakját, azaz az elektronpárok elrendeződését. A következőkben a főbb szerkezeti típusokat tekintjük át, példákkal, de a teljesség igény nélkül.

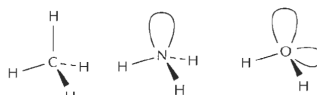
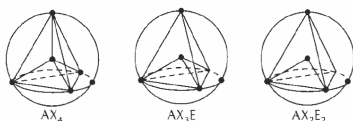
Vegyületek, ahol két elektronpár veszi körül a központi atomot (AX_2);
lineáris szerkezetűek:



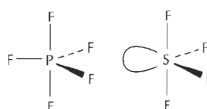
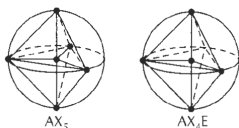
Vegyületek, ahol három elektronpár veszi körül a központi atomot (AX_3 ;
 AX_2E); trigonálisak, vagy V-alakúak:

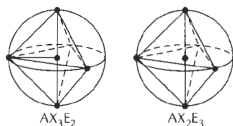


Vegyületek, ahol négy elektronpár veszi körül a központi atomot (AX_4 ;
 AX_3E ; AX_2E_2); tetraéderek, trigonális piramisok vagy V-alakúak:

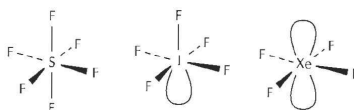


Vegyületek, ahol öt elektronpár veszi körül a központi atomot (AX_5 ;
 AX_4E ; AX_3E_2 ; AX_2E_3); trigonális bipiramisok, torzult tetraéderek, T-
alakúak vagy lineárisak:





Vegyületek, ahol hat elektronpár veszi körül a központi atomot (AX_6 ; AX_5E ; AX_4E_2); oktaéderek, tetragonális piramisok vagy síknégyszetesk:

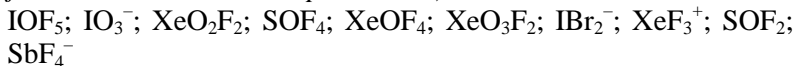


A kötésszögek pontosabb becsléséhez a következő hatásokat is figyelembe kell venni:

- A nemkötő elektronpárok térigénye nagyobb, mint a kötő pároké.
- A kötés térigénye csökken a ligandum elektonegativitásának növekedésével (illetve a központi atom elektonegativitásának csökkenésével).
- A kettős és hármas kötés kettő, illetve három elektronpárt tartalmaz, ezért térigénye nagyobb, mint az egyes kötésnek.

HO-32.

a) Milyen a térszerkezete a következő molekuláknak (ionoknak)? Becsüld meg a VSEPR elmélet alapján a térszerkezetet, illetve a kötésszögek nagyságát! Rajzold fel a szerkezeteket! (Használj vastagított és szaggatott ékeket a térszerkezet érzékeltetéséhez és jelöld a nemkötő elektronpárokat is!)



A Lewis-bázisok elektronpár-donorok, míg a Lewis-savak elektronpár-akceptorok; egy Lewis-sav és egy Lewis-bázis egymással datív kovalens kötésű komplexet tud képezni. A savakról és bázisokról fontos információkat nyerhetünk komplexeik szerkezetének szisztematikus vizsgálatával.

- b) Mi a térszerkezete a BF_3 , az NH_3 és a $N(CH_3)_3$ molekuláknak?
 c) Mi a térszerkezete $BF_3 \cdot NH_3$, $BF_3 \cdot N(CH_3)_3$ és a $BF_3 \cdot CO$ komplexeknek?

Az ammóniás komplexben az FBF kötésszög 111° , a trimetilaminosban ugyanez a kötésszög 107° , míg a szén-monoxidosban 120° .

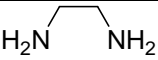
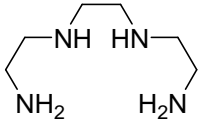
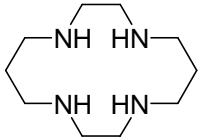
- d) Milyen következtetést vonhatunk le ezekből az adatokból a Lewis-bázisok donáló képességéről? Válaszod indokold!
 e) Becsüld meg a XBX kötésszöget a BCl_3 , $BCl_3 \cdot NH_3$ és a $BCl_3 \cdot CO$ molekulákban! Rajzold fel térszerkezeteiket!

Megjegyzés: A CH_3 -csoport térszerkezetével ne foglalkozunk külön; kezeljük úgy, mintha egy atomból álló ligandum lenne!

(Varga Szilárd)

HO-33. Az 1987-es kémiai Nobel-díjat Donald J. Cram, Jean-Marie Lehn és Charles J. Pedersen kapták a szupramolekuláris kémia területén elért eredményeikért. A szupramolekuláris kémiát 1978-ban Lehn a molekuláris szerveződés és az intermolekuláris kötések kémiájaként definiálta. A következő kérdések és a rájuk adott válaszok ehhez a témakörhöz juttatják közelebb az érdeklődőket.

a) A $Cu^{2+}(aq) + \text{ligandum}(aq) \rightarrow [Cu(\text{ligandum})]^{2+}(aq)$ reakciót vizsgálták $25^\circ C$ -on különböző a ligandumokkal. A következő adatokat kapták:

Ligandum	$\Delta_r H^\circ$ (kJ mol ⁻¹)	$\Delta_r S^\circ$ (J mol ⁻¹ K ⁻¹)
	-105	23,8
	-90,4	81,5
	-76,6	215

- Számold ki az egyes komplexek stabilitási állandóit! Magyarázd a tapasztalt tendenciákat!

Megj: $\lg K_{\text{st}}([\text{Cu}(\text{NH}_3)]^{2+}) = 4,27$; $\lg K_{\text{st}}([\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}) = 3,59$;
 $\lg K_{\text{st}}([\text{Cu}(\text{NH}_3)_3]^{2+}) = 3,00$; $\lg K_{\text{st}}([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 2,19$

Az egyensúlyi állandó számításához a standard szabadentalpiaváltozás és az egyensúlyi állandó közötti összefüggést használhatjuk:

$$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$$

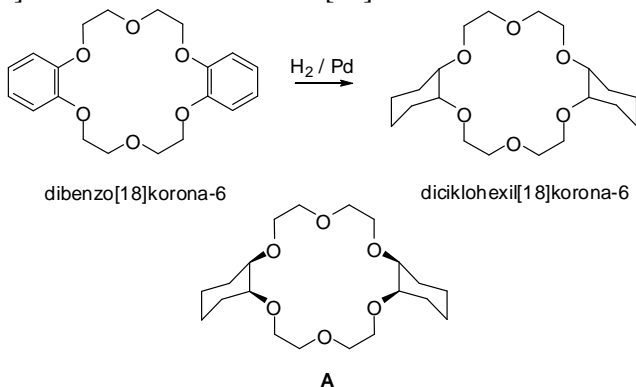
ahol $\Delta_r G^\circ$ a reakció standard szabadentalpiaváltozása [J mol^{-1}]; R az egyetemes gázállandó [$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$]; T a hőmérséklet [K]; K az egyensúlyi állandó.

A szabadentalpiaváltozás az entrópiaváltozásból és az entalpiaváltozásból számítható:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

ahol ΔG° a szabadentalpiaváltozás [J mol^{-1}]; ΔH° az entalpiaváltozás [J mol^{-1}]; ΔS° az entrópiaváltozás [$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$]; T a hőmérséklet [K].

b) A kation- és anionmegkötő tulajdonságú koronaéterek felfedezése Charles Pedersen nevéhez köthető. A következő eljárással állított elő dibenzo[18]korona-6-ból diciklohexil[18]korona-6-ot:

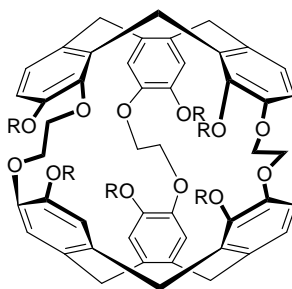


Az enantiomereket is beleértve öt izomer keletkezett a redukció során. Ezek közül a *cisz-szin-cisz*-diciklohexil[18]korona-6-ot (A izomer) mutatja a mellékelt ábra. A további izomereket *cisz-anti-cisz*, *transz-szin-transz*, *transz-anti-transz*, illetve *cisz-transz* jelzővel illelhetjük.

- *Rajzold fel a keletkezett izomereket! A fenti izomereinelvezéseket rendeld hozzá a szerkezetekhez!*
- *Konformációs mozgásokkal (kötések körüli elforgatásokkal) egymásba alakíthatók ezek az izomerek?*

- *Mely izomerek királisak?*

c) A mesterséges érzékelők fejlesztésének egyik érdekes és izgalmas területe a semleges molekulákat megkötő vegyületek előállítás és vizsgálata. Az egyik ilyen vegyületcsalád a kriptofánok családja, melyet Donald Cram eredményei alapján fejlesztettek ki. Ezen vegyületcsalád első képviselője a kriptofán-A:



Kriptofán-A $R=CH_3$

A kriptofán-A metánmegkötési képességét vizsgálták különböző oldószerekben, standard körülmények között. A mérések során a következő adatokat kapták:

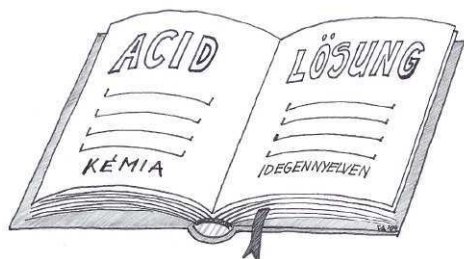
Oldószer	ρ (oldószer) [g cm ⁻³]	K_{st} (metán) [M ⁻¹]	K_{st} (oldószer) [M ⁻¹]
(CHCl ₂) ₂	1,60	130	0,00
CHCl ₃	1,48	?	10,0

A táblázatban K_{st} (metán) a metán kötődési állandója (komplexstabilitási állandó) a feltüntetett közegben, míg K_{st} (oldószer) a tiszta oldószer kriptofán-A-val képzett komplexének a stabilitási állandója.

- *Mennyi a metán kötődési állandója kloroformos közegben? (Feltételezzük, hogy minden körülmény megegyezik a két mérés során, csak az oldószer anyagi minősége különbözik.)*

(Varga Szilárd)

KÉMIA IDEGEN NYELVEN



Kémia németül *Szerkesztő: Horváth Judit*

A 2007./4 számban közzétett német szakszöveg helyes fordítása:

Festés¹

Technikai értelemben nem minden színes anyag festék. Ahhoz, hogy színezékként funkcionálhasson, a festéknek elegendően erősen kell kötődnie a szálhoz vagy a felülethez. Ezen kívül stabilnak kell lennie az alábbi behatásokkal szemben:

- mechanikai dörzsölés
- kioldódás mosás közben
- savak vagy lúgok
- fény- és UV-sugárzás
- oxigén vagy ózon, a mosószerekben lévő peroxidok vagy az uszodában a klór oxidáló hatásának

A legfontosabb festési eljárások a következők:

Direktfestés és szubsztantívfestés

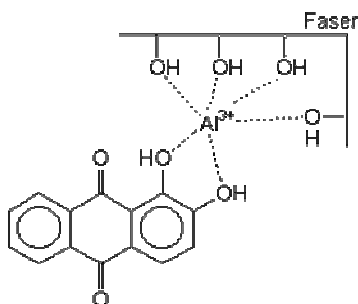
Itt egy kész festéket húzunk fel a szálra. Legegyszerűbb példa a növényi biofestékekkel való festés. Színezőanyagként bármi szóba jöhet, ami „foltot hagy”:

- hagymahéj,
- céklalé,
- cseresznyelé,
- spenót,
- sötétvörös mályvarózsa,
- vörösbor (stb.).

Amennyiben a direktfestéknek nincsen töltése, szubsztantív-festékről beszélünk². Ezeket hidrogénkötések vagy van der Waals-kötések rögzítik.

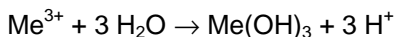
Pácfestés³

Ennél az eljárásnál a festékmolekulákat egy fémion segítségével rögzítjük a szálon. Ez az ion a szál és a festék között komplexkötéseket létesít. Ezek a kötések gyakran igen stabilak. A festék színe fémiononként változhat. Egyik példa az alizarin.



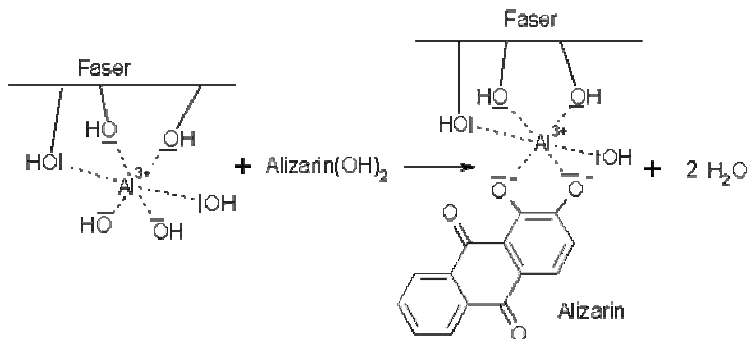
Pácfestés alizarinnal

Ebben az esetben egy egyébként gyengén kötődő festéket fém(III)-sóok segítségével rögzítünk a szálhoz. Ehhez a festendő textíliát előbb fém-acetátokkal itatjuk át. Forró vízgőz hatására azután hidrolízis során nehezen oldódó fém-hidroxidok képződnek.



Ezek azután nagyon finom alakban lecsapódnak a szálakban. Már eközben is komplex-szerű kötések épülnek ki. Ezután a pác után az anyagot vizes festőfürdőben főzzük, melyben a festék fel lett oldva.

A szál poláris csoportjai (mint az $-\text{NH}_2$ vagy $-\text{OH}$) valamint a festék a fém(III)-ionon keresztül vízzoldhatatlan komplex vegyületet képeznek.



Ezt az eljárást elsősorban gyapjú és vászon festésére használják. Gyakran alkalmazott festék az alizarin, melyet a festőbuzér gyökeréből nyernek. Ez az antrakinonnak egy orto-difenolja. Háromértékű fémionokkal (Al^{3+} , Fe^{3+} és Cr^{3+}) vörös színű kelátot képez.

Különböző színárnyalatokat kaphatunk, ha a páchoz különböző fém sókat használunk. Timsóval (az alumínium egyik kettős sója) pl. kárminvöröst, krómakkal ibolyaszínűt és vasakkal lilásbarnát.

Eszközök

- 1 főzőpohár (250 ml),
- 6 főzőpohár (100 ml),
- Bunsen-égő és vasháromláb,
- csipesz.

Vegyszerek, anyagok

- 3 vászondarab,
- alizarin,
- vas(III)-klorid (**Xi = irritatív**),
- timsó $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ (**Xi = irritatív**),
- krómtimsó $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ (**Xi = irritatív**),
- nátrónlúg (w = 1 %) (**Xi = irritatív**).

Az eljárás menete

Fontos: Csak üvegedényeket használjunk!

1. A páclevek elkészítése: Oldj fel 50–50 ml deszt. vízben egy-egy késhegynyi vas(III)-kloridot, timsót és krómtimsót!

2. A festőfürdő elkészítése: Tegyé! két késhegynyi alizarint 150 ml vízbe, adj hozzá néhány csepp híg nátronlúgot, és kevergesd, amíg minden feloldódik! Oszd szét a festőfürdőt három főzőpohárba (100 ml)!
3. A páclevekben főzz egy-egy pamut- (vagy alaposan zsírtalanított gyapjú-) darabot! Majd vízzel kicsit öblítsd ki őket, és nyomkodd ki a maradék vizet!
4. Tedd a pácolt anyagmintákat a festőflottákba, és főzd kb. 5 percig!

A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:

Eszközök, berendezések:

s Becherglas, ~es, ~er	főzőpohár
r Bunsenbrenner, ~s, ~	Bunsen-égő
r Dreifuß, ~es, ~e	vasháromláb
e Pinzette, ~, ~n	csipesz

Anyagok:

e Säure	sav
e Lauge	lúg
r Sauerstoff	oxigén
Ozon	ózon
Chlor	klór
Metall-Ion	fémion
Alizarin	alizarin
Acetat	acetát
Hydroxid	hidroxid
Wasserdampf	vízgőz
Phenol	fenol
Alaun	timsó
Chromalaun	krómtimsó
Eisen(III)-chlorid	vas(III)-klorid
e Natronlauge	nátronlúg

Fogalmak:

e Oxidation	oxidáció
e Wasserstoffbrückenbindung	hidrogénkötés
van der Waals-Kraft	van der Waals kötés
s Molekül, ~s, ~e	molekula
e Komplexbindung	komplex kötés

Hydrolyse	hidrolízis
Komplexverbindung	komplex vegyület
<u>Egyéb:</u>	
schwerlöslich	nehezen oldható
wasserunlöslich	vízoldhatatlan

A beküldött fordítások értékelése:

NÉV	Oszt.	ISKOLA	FORD. (max. 80)	Magyar nyelvtan (max. 20)	ÖSSZ. max.100
Deák Katalin	3.D	Selye János Gimn., Komárno	66,5	18,5	85
Péter-Szabó Petra	12.C	Thuri György Gimn., Várpalota	52,5	16	68,5
Szárász Barbara	12.A	Toldi Ltp.-i Ált. Isk. és Gimn., Kaposvár	54	14	68
Vass Míra	11.A	Toldi Ltp.-i Ált. Isk. és Gimn., Kaposvár	52,5	14	66,5
Antal Alexandra	11.B	Dienes László Gimn. és Eü. Szki., Debrecen	46,5	10,5	57

A magyar nyelvtanról:

Kötőjellel (és nem egybe) írjuk a sók nevét:

vas(III)-klorid, fém-acetát, fém-hidroxid.

Nincs szóköz sem a kötőjel előtt, sem utána!

Egybeírjuk (és nem kötőjellel): **fémion**, viszont **fém(III)-ion**.

Gyakori probléma volt még a vesszők lemaradása a mellérendelő összetett mondatok tagmondatainak határán, pl.:

„[...] öblítsd ki, és nyomkodd ki ... !”

„Tedd ... a festőfürdőbe, és főzd ... !”

Ráadásul ezek felszólító mondatok, ezért nagy kezdőbetűvel kell kezdeni őket, és a végükre felkiáltójelet kell tenni!

Fordítás:

A német nyelvű leírásokban gyakran fordul elő szenvedő szerkezet. Ezeket nem fordíthatjuk le szó szerint. Helyettük az elméleti ismertetésben többes szám első személyt, a gyakorlati útmutatásban felszólító módot használjunk!

¹ **Färben** ≠ **Farben** – *színezés/festés* ≠ *színek*.

² ”**man spricht von ...**” – “...-nak nevezzük”.

³ **Beizenfärbung** – *pácfestés*. Jelen esetben nem *maratás*. A csávafestés Küpenfärbung lenne, ez tavaloy fordult elő az indigófestésnél.

Chemie auf Deutsch (fordításra kijelölt német nyelvű szakszöveg)

Färben (Teil 2)

Entwicklungsverfahren

Komponentenfärben

Hier wird der Farbstoff aus den niedermolekularen mehr oder weniger farblosen Bausteinen erst auf der Faser synthetisiert. Beispiele sind der anorganische Farbstoff Berliner Blau und der Azofarbstoff Anilinschwarz. Berliner Blau hat als Farbstoff nur noch historische Bedeutung; Anilinschwarz dient noch zum Färben von Leder oder Jeansstoff.

Färben mit Berliner Blau

Ein historisch bekannter Komplexfarbstoff ist das Berliner Blau $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$. Er wurde früher u. a. auch verwendet, um die preußischen Uniformen blau zu färben.

Geräte

2 Bechergläser (100 ml),
Brenner und Dreifuß,
Pinzette.

Chemikalien, Material

Leinenstück,
Kaliumhexacyanoferrat(II) ("Gelbes Blutlaugensalz"),
Eisen(III)-chlorid (**Xi = reizend**),
Natronlauge (w = 1 %)(**Xi = reizend**).

*Gelbes Blutlaugensalz $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ Oxidationszahl Fe: II
Rotes Blutlaugensalz $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ Oxidationszahl Fe: III

Durchführung

Tauche ein Stück Leinentuch in eine 10%ige Lösung von gelbem Blutlaugensalz, gib es dann in eine 1%ige Eisen(III)-chlorid-Lösung und koche kurz auf.



Reaktion zur Bildung von Berliner Blau

Die Komplexeinheiten sind stabil und ungiftig. Sie sind sogar so stabil, dass man mit Eisen-Ionen Cyanid-Ionen unschädlich machen kann. Sie werden deshalb bei oralen Cyanidvergiftungen als Antidot verabreicht.

Das Leinenstück wird nicht abgespült, sondern so, wie es aus der Lösung entnommen wird, getrocknet. Der entstandene Farbstoff Berliner Blau ist empfindlich gegen Laugen (reversibel!).

Ansatz etwa 5 min. Dann wird die nunmehr schwarze Textilprobe herausgenommen, gut gespült und getrocknet.

Entsorgung

Unter den gegebenen Reaktionsbedingungen dürfte das hochtoxische Anilin reagiert sein. Es genügt deshalb die Reduktion des überschüssigen Chromats. Die Mischung wird danach zum Schwermetallabfall gegeben.

Forrás:

http://www.chemieunterricht.de/dc2/farben/farbv_08.htm

http://www.chemieunterricht.de/dc2/farben/farbv_09.htm

http://www.chemieunterricht.de/dc2/farben/farb_01.htm

http://www.chemieunterricht.de/dc2/farben/farb_05.htm

Beküldési határidő: 2008. június10.

Cím:

Horváth Judit

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A szerkezeti képleteket nem kell lerajzolni, de az ábrák feliratát le kell fordítani!

Minden beküldött lap tetején szerepeljen a **beküldő neve, osztálya** valamint **iskolájának neve és címe**. Kézzel írt vagy szövegszerkesztővel készített fordítás egyaránt beküldhető. A kézzel írók (is) mindenképpen hagyjanak a **lap mindkét** (bal és jobb) **szélén min. 1 cm margót** (a pontoknak). Mindenki ügyeljen az olvasható írásra és a pontos címzésre!

Idén érettségizők, figyelem! Mivel eredményhirdetés csak ősszel lesz, aki azt szeretné, hogy a jutalomkönyvét a lakására és ne az iskolájába küldjük, a fordítására, kérjük, írja rá a laccímét is (ne csak a borítékra)!

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: tothzoltandr@yahoo.com, Telefon: 06 52 512 900 / 22581-es mellék.

Dr. Forgács József

Kémiai problémák, I.

A következőkben olyan érdekes kémiai feladatokat, problémákat adunk közre, amelyek megoldásához nemcsak kémiai ismeretek, hanem flexibilis gondolkodás is szükséges. Ezek a feladatok alkalmasak lehetnek különböző versenyeken és vetélkedőkön a tanulók problémamegoldó gondolkodásának mérésére és fejlesztésére egyaránt.

A feladatokat három részben közöljük, a megoldásokat mindig a feladatsor után lehet olvasni.

Általános és szervetlen kémiai feladatok

1. Mi a feltétele annak, hogy:
 - a) két különböző vegyületben a vegyületet alkotó atomokra vonatkozó tömeg-, ill. mólszázalékos összetétel megegyezzen?
 - b) egy vegyületben a vegyületet alkotó atomok tömeg- és mólszázalékos összetétele megegyezzen?
 - c) egy oldatban a tömeg és a mól% értéke megegyezzen?

2. Az 54 és a 95 tömeg%-os ecetsavoldatok sűrűsége 20 °C hőmérsékleten azonos számértékű. Sűrűségméréssel állapítsuk meg, melyik koncentrációjú savról van szó a kettő közül!
3. Két különböző szerkezetű vegyület olvadáspontja azonos számértékű. Hogyan dönthetjük el olvadáspont-méréssel, hogy melyik vegyületről van szó?
4. Azonos hőmérsékletű, nyomású és térfogatú száraz vagy nedvességgel telített levegőben van-e több molekula? Melyik a nehezebb?
5. Három egyforma tömegű gumiballonban külön-külön azonos tömegű, hőmérsékletű és nyomású szén-dioxid-, ammónia- és hidrogéngáz van. Hogyan állapíthatjuk meg - a ballonok felnyitása nélkül -, hogy melyik gáz melyik ballonban van?
6. Három egyforma tömegű léggömbbe külön-külön azonos térfogatú, nyomású és hőmérsékletű oxigént, nitrogént és argongázt töltöttünk. Hogyan állapíthatjuk meg - a léggömbök kinyitása nélkül -, hogy melyik léggömbbe melyik gázt tettük?
7. A cérium(III)-szulfát oldhatósága: 0 °C hőmérsékleten 23 g, 10 °C hőmérsékleten 15 g, 20 °C hőmérsékleten 11 g, 30 °C hőmérsékleten 8 g, 40 °C hőmérsékleten 5,5 g, 50 °C hőmérsékleten 3,5 g, 60 °C hőmérsékleten 2,5 g $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ /100 g víz. Hogyan kaphatunk ebben az esetben telített oldatból túltelített oldatot?
8. Oldhatósági táblázatban egy-egy vegyületnél hiányzik egy-egy hőmérséklethez az oldhatósági számadat. Miért? Indokoljuk meg!
9. A víz képződése lejátszódhat többféleképpen:

$$\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{f}), \quad \Delta_1\text{H}^0;$$

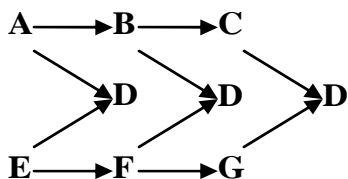
$$\text{H}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{f}), \quad \Delta_2\text{H}^0;$$

$$2\text{H}(\text{g}) + \text{O}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{f}), \quad \Delta_3\text{H}^0 ;$$
 Válasszuk ki és indokoljuk meg melyik sorrend igaz!
 a) $\Delta_2\text{H}^0 > \Delta_1\text{H}^0 > \Delta_3\text{H}^0$; b) $\Delta_2\text{H}^0 < \Delta_1\text{H}^0 < \Delta_3\text{H}^0$.
10. Ha szárított szilárd AgCl-hoz vízmentes KI-ot keverünk nem tapasztalunk változást. Ha a két szilárd anyag keverékét levegőn állni hagyjuk, színváltozást észlelünk. Mi a magyarázata a tapasztaltaknak?

19. Mi lehet az A, B, C, D, E betűkkel jelzett fém, ha az oldódást +, a nem oldódást - jel jelzi a táblázatban?

fém	HCl(híg)	HNO ₃ (tömény)	NaOH-oldat
A	+	+	+
B	+	-	+
C	+	-	-
D	-	+	-
E	-	-	-

20. Rendezzük az alábbi redoxiegyenletet úgy, hogy minden pozitív x-értékre igaz legyen!
 $\dots\text{Na}_2\text{S}_x + \dots\text{H}_2\text{O}_2 + \dots\text{NaOH} = \dots\text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots\text{H}_2\text{O}$.
21. Ismertek a következő reakciók:
 a) a vas(II)iont oxidálja a dikromátion;
 b) a vas(III)iont redukálja az ón(II)ion.
 c) Az ón(IV)iont redukálja a Ti(III)ion. Hogyan mennek végbe az alábbi reakciók? Írjuk le a folyamatok egyenletét!
 d) A Ti^{3+} vagy a Ti^{4+} -ionok reagálnak-e a Cr^{3+} - vagy a $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ionokkal?
 e) Az Sn^{2+} - vagy az Sn^{4+} -ionok lépnek-e reakcióba a Cr^{3+} - vagy a $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -ionokkal?
 f) A Ti^{3+} - vagy a Ti^{4+} -ionok reagálnak-e a Fe^{2+} - vagy a Fe^{3+} -ionokkal?
22. Milyen reakciók játszódnak le a következő ammóniumsók hevítésekor? Ammónium-nitrit, ammónium-nitrát, ammónium-szulfát, ammónium-perszulfát, ammónium-klorát, ammónium-foszfát, ammónium-karbonát, ammónium-dikromát, ammónium-kromát, ammónium-formiát.
23. Mikor van különbség a semlegesítés és a közömbösítés között?
24. A következő séma egy reakciósort ábrázol. Írjunk olyan (szervetlen és szerves) vegyületeket, amelyekre igaz a séma! A-ból B előállítható, ebből pedig C. A-ból és E-ből D keletkezik, stb. (D mellett másik vegyület is keletkezhethet!)



Mi lehet az A-G vegyületek képlete, ha D:

a) szervetlen vegyület?

b) szerves vegyület?

Megoldások

- a) Két vegyület azonos atomokból és azonos arányban épül fel, moláris tömegük egymásnak többszörösei. Pl. CH_2O és $(\text{CH}_2\text{O})_2$, vagy NO_2 és N_2O_4 .

b) Azonos tömegszámú nuklidok (izobárok) alkotják a vegyületet, pl. ^{14}N és ^{14}O (NO).

c) Az oldószer és az oldott anyag moláris tömege megegyezik. Pl. etanol és dimetil-éter, normál és izohexán elegye..
- Kevés vízzel hígítjuk a savat és ismét mérjük a sűrűségét. Ha a sűrűség nőtt, 95%-os volt az ecetsav, ha csökkent, akkor a sav 54%-os volt.
- Összekeverjük az ismeretlent az egyik ismert vegyülettel és így mérjük a keverék olvadáspontját. Ha nincs op-csökkenés az összekevert anyagok azonos szerkezetűek, ha op-csökkenés van, különböző szerkezetűek.
- Egyenlő bennük a molekulák száma, de a száraz levegő nehezebb, mert $M(\text{O}_2)$, ill $M(\text{N}_2) > M(\text{H}_2\text{O})$.
- A térfogatuk különböző. $V(\text{H}_2) > V(\text{NH}_3) > V(\text{CO}_2)$.
- Le kell mérni a tömegüket! $m(\text{Ar}) > m(\text{O}_2) > m(\text{N}_2)$.
- Az oldhatósági görbe csökkenő tendenciát mutat. Túltelítetté tehetjük az oldatot: melegítéssel vagy az oldószer eltávolításával.
- Megváltozhat a szilárd fázis összetétele és adott hőmérsékleten két különböző kristályvíztartalmú vegyülettel (szilárd fázissal) tart egyensúlyt az oldat. Vagy azon a hőmérsékleten az oldott anyag és az oldószer molekulái között változik meg a kapcsolat.
- Igaz a b) lehetőség.

10. A kristályok nedvességet vesznek fel a levegőből és egy kevés oldódik belőlük a vízben. Mivel az AgI oldhatósági szorzata kisebb az AgCl-énál, AgI válik ki.
11. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ keletkezik, nem foszforsav! Az ecetsav erősebb sav mint a H_2PO_4^- .
12. a) Ha komplexhez kevés savat adunk. Pl.

$$\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + 2 \text{HCl} = 2 \text{NaCl} + \text{Pb}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}_2\text{O}.$$
 b) pl. $\text{H}_3\text{BO}_3 + 4 \text{KF} = 3 \text{KOH} + \text{KBF}_4.$
 c) Igen, több példa is ismert ilyen esetre:

$$2 \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_3 = 3 \text{S} + 3 \text{H}_2\text{O},$$

$$2 \text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O},$$

$$5 \text{HI} + \text{HIO}_3 = 3 \text{I}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}.$$
 d) $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3 \text{H}_2\text{SO}_3 = \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 4 \text{H}_2\text{O}.$
 e) $\text{Cu} + 4 \text{HBr} = \text{H}_2[\text{CuBr}_4] + \text{H}_2.$ $\text{Cu} + 2 \text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2.$
 (Acetaldehid jelenlétében a redoxipotenciál +3,4 V-ról -0,2 V-ra változik meg!)
13. a) pl. $2 \text{NaOH} + \text{Zn}(\text{OH})_2 = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4],$
 b) pl. $2 \text{FeCl}_3 + 3 \text{K}_2\text{CO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3 \text{CO}_2 + 6 \text{KCl}$
 c) pl. $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] = \text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3.$
14. a) $3 \text{Ca} + \text{P}_2 = \text{Ca}_3\text{P}_2;$ b) $\text{C} + 2 \text{S} = \text{CS}_2;$
 c) $\text{S} + 2 \text{SO}_3 = 3 \text{SO}_2;$ d) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4;$
 e) $\text{Hg} + \text{Br}_2 = \text{HgBr}_2;$ f) $5 \text{SO}_3 + \text{CS}_2 = 7 \text{SO}_2 + \text{CO};$
 g) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2 \text{HCl};$ h) $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl};$
 i) $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}.$
 A c) feladatban szilárd, a többiben folyékony módosulatú SO_3 szerepel!
15. $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaCl} = \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{HCl}.$
 Mindkét vegyület 1 molja csak 1-1 mol CO_2 -ot fejleszt NaHCO_3 -tal. NaHSO_3 -ból is ugyanannyi SO_2 fejlődik mindkét vegyülettel. $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ -ből azonban a NaH_2PO_4 -tal több gáz fejleszthető, mert $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ keletkezik.
16. Megváltozhat, mert kémiai folyamat ment végbe benne. Pl. ecetsav és alkohol elegyében észter keletkezett! Vagy hidrolizál a vegyület. Pl. $\text{CH}_3\text{COONa}.$
17. a) Vasport teszünk bele.
 b) HgCl_2 -oldattal rázzuk össze a higanyt. A szennyező fémek oldatba mennek (redoxifolyamat), Hg keletkezik.

18. C: CO_2 , $(\text{COOH})_2$, CO , $(\text{CHO})_2$, CH_2O , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , CH_4 .
N: N_2O_5 , NO_2 , N_2O_3 , NO , N_2O , NH_4NO_2 , NH_2OH , N_2H_4 , NH_3 .
19. A = Zn, B = Sn(Al), C = Cr(Fe), D = Ag(Cu), E = Au.
(Több jó megoldás is lehetséges!)
20. Az egyenlet együtthatói sorrendben:
 $1, (3x+1), (2x-2); x, 4x$.
21. A reakciók alapján a redoxipotenciálok sorrendje:
 $E(\text{Cr}^{3+}/\text{CrO}_4^{2-}) > E(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) > E(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^{4+}) > E(\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+})$
Ezért a reakciók a következőképpen mennek végbe:
d) $6 \text{Ti}^{3+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ = 6 \text{Ti}^{4+} + 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$,
e) $3 \text{Sn}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ = 3 \text{Sn}^{4+} + 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$,
f) $\text{Fe}^{3+} + \text{Ti}^{3+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Ti}^{4+}$.
22. $\text{NH}_4\text{NO}_2 = \text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4\text{NO}_3 = \text{N}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$,
 $3 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 3 \text{SO}_2 + 4 \text{NH}_3 + \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$,
 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{O}_2$,
 $2 \text{NH}_4\text{ClO}_4 = 2 \text{HCl} + \text{N}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} + 2,5 \text{O}_2$,
 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 = 3 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{HPO}_3$,
 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$,
 $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + 4 \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$,
 $2 (\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + 5 \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + 2 \text{NH}_3$,
 $\text{HCOONH}_4 = \text{CO} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
23. Akkor, ha gyenge bázis erős savval, vagy erős bázis gyenge savval reagál. Ilyenkor az ekvivalenciapontban a keletkezett oldat nem lesz semleges. Tehát közömbösítettünk, nem semlegesítettünk
24. a) A = SO_3 , B = H_2SO_4 , C = Na_2SO_4 , D = BaSO_4 , E = BaO , F = $\text{Ba}(\text{OH})_2$, G = BaCl_2 .
b) A = acetilklorid, B = ecetsav, C = nátrium-acetát, D = etilacetát, E = nátrium-metilát, F = etanol, G = etilklorid.

NAPRAKÉSZ



A Magyar Kémikusok Egyesületének Hajdú-Bihar megyei Szervezete és Debrecen Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal Oktatási Osztály

PÁLYÁZATOT

hirdet a Hajdú-Bihar megyei általános és középiskolák tanulói részére **kémiai tárgyú** dolgozatok megírására az alábbi témákban:

1. Egy Debrecenben, vagy Hajdú-Bihar megyében működő kutatólaboratórium, vagy vegyipari üzem munkájának bemutatása.
2. Kémiai eljárások az energiaprobléma megoldására
3. 100 éves a Magyar Kémikusok Egyesülete. Kémia az életünkben.
4. Egy tudós, kutató, feltaláló vagy tanár életpályájának bemutatása, aki a kémia valamely területén kimagasló eredményeket ért el, s akinek személye, munkássága Debrecenhez, ill. Hajdú-Bihar megyéhez kapcsolódik.

Általános iskolások (13-14 évesek) részére:

I. díj:3000.-Ft, II. díj:2000.-Ft, III. díj:1000.-Ft

Középiskolások (15-18 évesek) részére:

I. díj:5000.-Ft, II. díj:3000.-Ft, III. díj:2000.-Ft

A pályázatnak tartalmaznia kell a pályázó személy, vagy csoport nevét, iskoláját, tanárának nevét, valamint a mű készítéséhez felhasznált

szakirodalmat, ill. azokat a forrásokat, melyek a pályamunka megírását segítették.

A felkészítő tanárok erkölcsi és anyagi elismeréséről a Debrecen Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal Oktatási Osztálya, a hagyományokhoz híven, gondoskodik.

A pályázatot egy példányban Dr. Tóth Zoltán 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. DE Kémiai Szakmódszertan címre kell eljuttatni **2008 április 10-ig**. A pályaművek értékelésére, a díjak kiosztására 2008 június 15-ig kerül sor.

Debrecen, 2007. november 21.

Dr. Zékány András Hajdú-Bihar megyei MKE elnöke

Pappné Gyulai Katalin osztályvezető Debrecen Megyei Jogú Város Polgármesteri Hivatal Oktatási Osztály

Dr. Tóth Zoltán egyetemi docens, pályázati felelős

P Á L Y Á Z A T I F E L H Í V Á S

A Magyar Kémikusok Egyesülete Bács-Kiskun Megyei Területi Szervezete pályázatot hirdet, két kategóriában, Bács-Kiskun megyei fiatal, a kémia iránt érdeklődő, tanulók számára.

I. kategória: az iskolák 7. és 8. osztályos tanulói (12-14 éves korcsoport)

II. kategória: a középiskolák még nem érettségizett tanulói (15-18 éves korcsoport)

Pályázni lehet a kémia bármely területéhez kapcsolódó, maximum 5 oldal terjedelmű dolgozattal. Az önálló munka (pl. a környezetvédelemhez kapcsolódó megfigyelés, mérés; kiemelkedő színvonalú könyvtári munka; laboratóriumi munka; számítógépes program, stb.) súlyozottan kerül értékelésre.

A pályázat jeligés. A dolgozaton a jeligét és a kategóriát fel kell tüntetni. Az alábbi adatokat zárt, a dolgozaton szereplő jeligével ellátott, borítékban kell mellékelni.

- a) a pályázó neve, kora, osztálya, lakcíme, e-mail címe
- b) az iskola neve, címe, e-mail címe, Telefon/FAX száma
- c) a felkészítő tanár neve

Beküldési határidő: 2008. március 28.

A pályázatokat a következő címre kérjük beküldeni:

I. kategóriás pályázatok:

Kormos Jánosné 6000 Kecskemét, Petőfi S. u. 6. IV/39.
(20-447-4615)

II. kategóriás pályázatok:

Fekete Andrea 6000 Kecskemét, Bagi L. u. 3. II/5.
(20-580-6479)

A dolgozatok elbírálását szakmai zsűri végzi. A pályázót az elért eredményéről iskoláján keresztül értesítjük, legkésőbb 2008. április 11-ig.

Az értesítéseket szeretnénk e-mailen keresztül küldeni!

A kategóriákon belül kialakult rangsor alapján az 5-5 legjobb dolgozat készítői a 2008. április 16-án tartandó ünnepélyes eredményhirdetésen kiselőadás formájában ismertetik dolgozatukat.

A legjobb pályázatok készítőit könyvjutalomban részesítjük!

Valamennyi résztvevő emléklapot kap.

Kecskemét, 2008. január 09.

*Magyar Kémikusok Egyesülete
Bács-Kiskun Megyei Területi Szervezete*