

# GONDOLKODÓ



## Feladatok

*Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Varga Szilárd,  
Zagyi Péter*

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2016. december 15-ig lehet feltölteni, illetve postára adás után regisztrálni.  
A cím:

**KÖKÉL** Feladatmegoldó pontverseny

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

**A borítékon tüntesd fel a feladatsor betűjelét is!**

**Elektronikusan a [kokel.mke.org.hu](http://kokel.mke.org.hu) honlapon keresztül küldhetitek be a megoldásokat. Ugyanitt kell a postán küldött megoldásokat regisztrálni. Beszkennelt kézírás esetén *figyeljete*k a *minőségre és az olvashatóságra* (tiszta fehér lapra jól látható tintával írjatok)!**

**A66.** Gyakran bemutatott kísérlet az alumínium és jód reakciója. Kevésbé barátságosan bemutatható, de látványos kísérlet az alumínium és bróm közötti reakció is.

a) *Milyen tapasztalatokban tér el, és miben hasonlít a brómos kísérlet a jódoshoz?*

Reakció figyelhető meg alumínium és brómos víz között is.

b) *Milyen tapasztalatok várhatók ebben az esetben?*

A brómos vízben nem a brómmolekula az egyetlen brómtartalmú részecske, ugyanis a klórhoz hasonlóan a bróm is kémiai reakcióba lép a vízzel.

*c) Írd fel a reakció egyenletét!*

Az alumínium elvileg nem csak az oldott brómmolekulákkal léphet reakcióba, hanem a fenti reakció termékeivel is.

*d) Írd fel ezeknek a reakcióknak az egyenletét is!*

(Borbás Réka)

**A67.** Egy vegyület szénből, oxigénből és klórból áll. Ha  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, standard légköri nyomáson a folyadék halmazállapotú vegyület  $3,00\text{ grammját}$  egy  $1,00\text{ dm}^3$ -es evakuált edénybe helyezzük, majd  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítjük, az edény nyomása  $86,5\text{ kPa}$ -ra nő. A vegyület  $0,300\text{ grammját}$   $100\text{ cm}^3$  vízzel elkeverve a vegyület klórtartalma teljesen átalakul HCl-dá. Az oldaton nitrogéngázt buborékoltatunk át, majd  $0,200\text{ mol/dm}^3$  töménységű NaOH-oldattal reagáltatjuk fenolftalein indikátor mellett, ekkor  $30,33\text{ cm}^3$  lúgoldat szükséges a közömbösítéshez.

*a) Mi a vegyület összegképlete, ha a tapasztalati képlet egyben molekulaképlet is?*

*b) Miért volt szükség a nitrogéngázra?*

*c) Milyen reakció játszódik le a vegyület és a víz között?*

*d) Mire használták/használják a vegyületet?*

(Borbás Réka)

**A68.** Mengyelejev nem kapott Nobel-díjat, pedig kaphatott volna, hiszen életében ötször is kiosztották, és periódusos rendszerének megalkotása megérdemelte, hogy 1906-ban fel is terjesszék a díjra. Nincs adat arra, miért nem nyerte el, bár több oka is lehet, és egy sem az eredmény nagyságát vitatja. Talán túlságosan elméleti eredmény volt, vagy mert bírálta a svéd Nobel-díjas Arrhenius elektrolitos disszociáció elméletét, esetleg mert a periódusos rendszer közlésének elsőbbsége vitatott volt, hiszen Meyerrel szinte egy időben publikálták. Ha Nobel-díjat nem is kapott, egy elemet elneveztek róla, igaz mesterségesen előállított elemet, amelynek nincs egyetlen stabil izotópja sem.

A mendelévium izotópjai közül a 257-es tömegszámú 15,3% valószínűséggel alfa-bomlást szenved, a többi átalakuló nuklid a bomlás során olyan nukliddá alakul, amelynek tömegszáma szintén 257, rendszáma azonban eggyel kisebb.

- Mennyi lenne egy 5,000 ng-os mendeléviumminta tömege a felezési idő elteltével? Tételezzük fel, hogy a tömegváltozás kizárólag a mendelévium bomlása miatt következett be.*
- Mi a bomlástermék az alfa-bomlás során, és mennyi az izotóp felezési ideje? Milyen elem keletkezik a többi mendelévium izotópból?*
- Miért hanyagolható el a keletkezett termék(ek) további bomlása miatti tömegváltozás a fenti idő alatt?*

(Borbás Réka)

**A69.** 500 cm<sup>3</sup> oldatot készítünk CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O-ból és desztillált vízből. 20 cm<sup>3</sup>-ét 0,30 m/m%-os kén-hidrogén-oldattal reagáltatjuk, a kén-hidrogén-oldatot kétszeres feleslegben alkalmazva. A leváló fekete csapadékot leszűrve, levegőn hevítve 0,808 g szilárd réz(II)-oxid keletkezik.

- Mennyi rézgálicot oldottunk fel?*
- Hány gramm kén-hidrogén-oldatot használtunk?*

(Borbás Réka)

**A70.** Az IgNobel-díjat olyan eredményekért adják, amelyek először megnevettetnek, majd elgondolkodtatnak. A 2011-es kémiai IgNobel-díjat Makoto és munkatársai nyerték a „levegőbe porlasztott vaszabi ideális sűrűségének meghatározásáért, mellyel az alvó emberek felébrésztethetők tűz vagy más vészhelyzet esetén, ill. ez alapján a vaszabiriasztó berendezés kifejlesztéséért”. A szaggal való riasztás nem saját találmányuk, erre már 2002-ben nyújtottak be szabadalmat, ezáltal a hallássérültek számára is kifejlesztve hatásos jelzőrendszert. Szaganyagként alkalmazták a metil-merkaptánt is, ami igen kellemetlen, fokhagymára emlékeztető szagú vegyület, viszont gyúlékony, és nagyobb mennyiségben károsíthatja az idegrendszert. Makotoék találmányában 3-izotiocianátprop-1-ént (CH<sub>2</sub>=CH-CH<sub>2</sub>-N=C=S, allil-izotiocianát) használtak, amit más néven allil-mustárolajnak is neveznek. Ez az anyag felelős a vaszabi (japán vízitorma) szúrós szagáért. Fűszer-

ként is használatos: savanyúságokban 80 ppm körüli, szószóokban 50 ppm körüli koncentrációkban fordul elő. Illékony vegyület. Nagyobb koncentrációban bőrre kerülve bőrpírt okoz, halálos adagja 151 mg testsúlykilogrammonként.

Makoto és munkatársai meghatározták, hogy az a koncentráció, ahol hatásosan lehet használni mint riasztót, alatta marad annak a koncentrációnak, ami már káros hatással lehet a szervezetre. A szagát a levegőben már 1 ppm koncentrációnál észleljük, 5 ppm esetén azonosítani is tudjuk szag alapján, 10 ppm-től a szag elviselhetetlen számunkra, 74 ppm esetén viszont még nincs káros élettani hatása. Négy órán keresztül az egerek olyan levegőt lélegezve be, amely 155 ppm koncentrációban tartalmazza az allil-izotiocianátot, elpusztultak. Ezek alapján a vaszabi-riasztóban az ideális koncentrációt 5-20 ppm közötti értékre állították be, a koncentráció értéket a helyiség légterére vonatkoztatva. (Az 5 ppm – parts per million – koncentrációegység azt fejezi ki, hogy egy térfogategységnyi keverékben  $5 \cdot 10^{-6}$  térfogategységnyi vizsgált anyag van.)

Magyarországon egy tanteremnek legalább 52 m<sup>2</sup> alapterületűnek kell lennie, és belmagassága legalább 3 m.

- a) *Ha a legkisebb engedélyezett tanterem nagysággal számolunk, és a tanterem hőmérséklete 22 °C (és természetesen standard légköri nyomás uralkodik benne), akkor legalább mekkora tömegű allil-izotiocianátot kell a levegőbe fecskendezni, hogy szaga már elviselhetetlen legyen, felébresztve az alvó tanulókat?*
- b) *Ha a fenti tömegű allil-izotiocianátot egy 50 kg tömegű diák véletlenül lenyelne, akkor túlélhetné-e?*

(Borbás Réka)

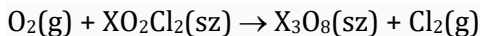
**K256.** *Elvileg hány gramm ammónium-kloridot kell 2,0 gramm vízmentes kalcium-kloriddal egyidejűleg 100 cm<sup>3</sup> vízhez adni, hogy az oldódás során hőmérsékletváltozás ne következzen be?*

A hidratált ionok képződéshője:  $\text{NH}_4^+(\text{aq}): -133 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}): -543 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{Cl}^-(\text{aq}): -167 \text{ kJ/mol}$ .

A szilárd sók képződéshője:  $\text{CaCl}_2(\text{sz}): -796 \text{ kJ/mol}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{sz}): -314 \text{ kJ/mol}$ .

(Borbás Réka)

**K257.** Egy fém (X) oxikloridja az alábbi reakcióban reagál oxigénnel 1000°C-on.



- a) *Rendezd az egyenletet!*  
 b) *Zárt edényben sztöchiometrikus arányban keverve a kiindulási anyagokat, 25%-os konverzió esetén a szilárd fázis és a gázfázis tömegaránya 12,67:1,000 lesz. Melyik fémet jelöli X?*

(Borbás Réka)

**K258.** Ismert tény, hogy ha összeöntünk 50 cm<sup>3</sup> térfogatú vizet és ugyanekkora térfogatú etanolt, akkor a keverék térfogata kevesebb lesz 100 cm<sup>3</sup>-nél. Ezt a jelenséget nevezzük térfogati kontrakciónak. Mivel a térfogat nem additív, ezért a különböző koncentrációegységek összehasonlításánál, átváltásánál a sűrűséget is figyelembe kell venni, ha térfogattal is számolni kell. A sűrűség viszont függ az összetételtől is. A következő kérdések etanol-víz elegyekre vonatkoznak. A térfogatszázalékot pedig definiáljuk úgy, hogy az etanol bemérési térfogata az elegy térfogatának százalékában. (A tiszta anyagok és a keverékek sűrűsége megtalálható a szakirodalomban, pl. a Négyjegyű függvénytáblázatban.)

- a) *Lehet-e egyenlő az etanol tömegszázaléka és az anyagmennyiség-százaléka egy etanol-víz elegyben?*  
 b) *Milyen térfogatszázalékok esetén teljesül, hogy az elegyben több az etanolmolekula, mint a vízmolekula?*  
 c) *Milyen kapcsolat van az elegy tömegszázalékos és térfogatszázalékos összetétele között? Lehet-e a két mennyiség egyenlő?*

(Borbás Réka)

**K259.** Egy kétértékű fémion kristályvizes ammónium-foszfátjának (MeNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>·nH<sub>2</sub>O, ahol Me a fémet jelöli, n ismeretlen) 10,0 grammját melegítjük úgy, hogy a képződő gáz-halmazállapotú bomlástermék(ek)et először NaOH-on, majd kénsavas mosón vezetjük át. 50 °C-ra melegítve a mintát, a NaOH tömege 3,673 grammal nő. Ha a kiindulási 10,0 gramm anyagot 60 °C-ra melegítjük, akkor a NaOH tömege 4,408 grammal nő, a kénsavas mosó tömege pedig 0,693 grammal. A

melegítéssel kapott szilárd terméket tovább hevítve 1100 °C-ra a NaOH tömege további 0,367 grammal nő, és ekkor pirofoszfát só ( $\text{Me}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ) keletkezik.

a) *Melyik fém sóját melegítettük? Mi a só képlete?*

b) *Milyen folyamatok játszódnak le a különböző hőmérsékleteken?*

(Borbás Réka)

**K260.** Nátrium-klorid, ammónium-klorid és ammónium-nitrát sók keverékét vizsgáljuk. A keverék 5,00 grammját 200 cm<sup>3</sup> vízben feloldva kaloriméter segítségével, a mérést többször megismételve meghatároztuk, hogy az oldódás során átlagosan 1,06±0,08 kJ hő nyelődött el. Ezután 1,00 gramm sóból 100 cm<sup>3</sup> törzsoldatot készítünk, majd a törzsoldat 10,0 cm<sup>3</sup>-es mintáit 0,100 mol/dm<sup>3</sup> töménységű AgNO<sub>3</sub>-oldattal titráljuk. A reakció teljes végbemeneteléséhez átlagosan 14,4±0,2 cm<sup>3</sup> ezüst-nitrát-oldatra volt szükség.

Az oldáshők:

NaCl: +3,88 kJ/mol; NH<sub>4</sub>Cl: +14,8 kJ/mol; NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>: +25,7 kJ/mol

*Milyen határok között mozog a mintában az ammónium-nitrát-tartalom tömegszázalékban kifejezve?*

(Borbás Réka)

A következő feladatok megoldásához hasznos segítséget nyújthatnak a KÖKÉL korábbi számaiban megjelent összefoglalók. Ehhez a feladatsorhoz a következők áttekintését javasoljuk:

- Magyarfalvi Gábor: A kristályok szerkezetéről, KÖKÉL 2004/2.
- Szabó András: Optikai izoméria, KÖKÉL 2004/4.
- Kotschy András: Néhány Jelentősebb szerves kémiai mechanizmus, KÖKÉL 2006/1.
- Varga Szilárd: Az aromás gyűrűn található szubsztituens irányító hatása az aromás elektrofil szubsztitúcióban, KÖKÉL 2010/5.

## A tömegspektrometria alapjai

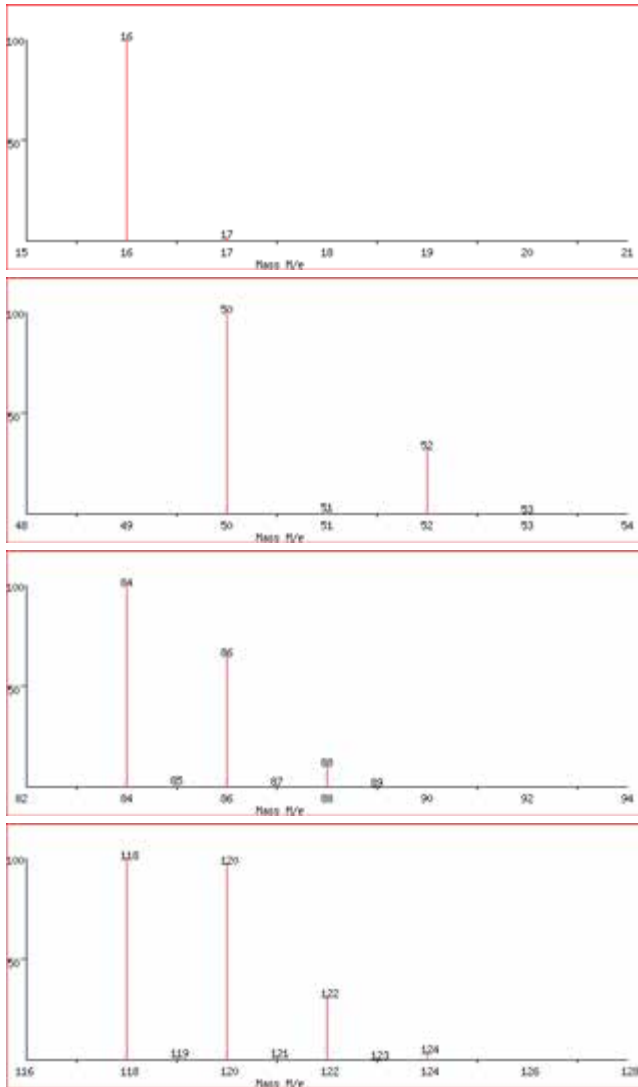
A tömegspektrométer olyan berendezés, melyben semleges részecskékből ionokat állítunk elő, majd ezeket a legtöbbször egyszeresen pozitív ionokat tömeg/töltés arányuk, azaz tulajdonképpen tömegük szerint elválasztjuk. A tömegspektrumban a különböző izotópokat tartalmazó ionok – lévén, hogy tömegük különböző – önálló csúcsként jelennek meg. A tömegspektrumban megjelenő azonos összegképletű ionok ezért nem egyetlen csúcsot, hanem ionköteget adnak.

A köteg legkisebb tömegű ionjainak helyzete az ún. *alapizotópokból* (C=12, O=16, N=14...), számítható, míg a nagyobbakat a nehezebb izotópok, illetve kombinációik adják. Szerencsés módon a szerves vegyületekben előforduló elemek (C, N, O, Cl, Br, Si, S) alapizotópja egyben a leggyakrabban előforduló izotóp is. A nehezebb izotópokat tartalmazó ioncsúcsok intenzitása arányos az adott elem molekulaképletbeli indexével, így az ion elemi összetételének meghatározásában nyújthat segítséget. Egyes elemek izotópeloszlását mutatja az alábbi táblázat.

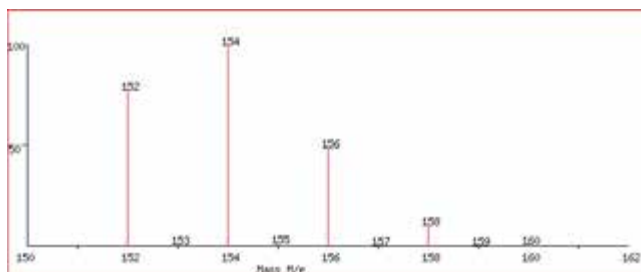
Elem	A		A+1		A+2	
	tömeg	előford.	tömeg	előford.	tömeg	előford.
H	1	100%	2	0,015%		
C	12	100%	13	1,1%		
N	14	100%	15	0,37%		
O	16	100%	17	0,04%	18	0,20%
F	19	100%				
S	32	100%	33	0,80%	34	4,4%
Cl	35	100%			37	32,5%
Br	79	100%			81	98,0%
I	127	100%				

Egy vegyület tömegspektrumában megjelenhetnek a vegyület molekulájából elektronleszakítással keletkező molekulaionok mellett más ionok is, amelyek a vegyület kötéseinek felszakadásakor keletkeznek.

A következő ábrán a metán és a különböző mértékben klórozott metánszármazékok ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CCl}_4$ ) egyszerűen ionizált molekulaionjának tömegspektrumai láthatók:



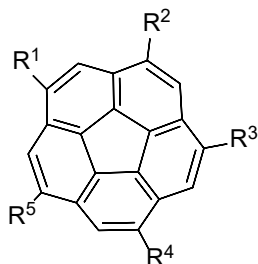




A tömegspektrometriával kapcsolatban további ismeretek Sztáray Judit: Tömegspektrometria című cikkében lehet olvasni (KÖKÉL 2006/1.).

**H256.** A szénvegyületek kémiájában gyakran foglalkoznak a különböző sztereoizomerekkel. Ott a legfontosabb az egy központi atom körül, egy tetraéder csúcsain elhelyezkedő atomok/csoportok térbeli elhelyezkedése. Az alábbiakban különböző ligandumszámú és alakú vegyületek izomériájával foglalkozunk. A kérdésekre adott válaszaidat minden esetben indokold meg!

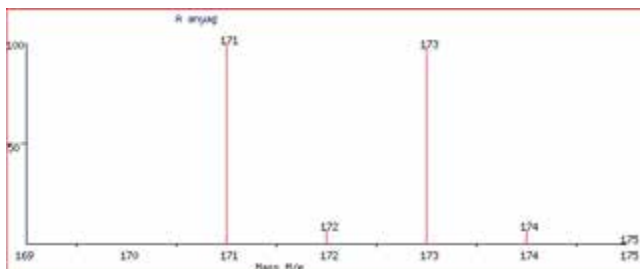
- Hány izomer lehetséges, ha a központi atom körül síknégyszetesen 2 különböző ligandum helyezkedik el (azaz a 4 ligandumból 2-2 azonos)?*
- Hány izomer lehetséges, ha a központi atom körül síknégyszetesen 4 különböző ligandum helyezkedik el?*
- Hány izomer lehetséges, ha a központi atom körül tetraéderesen 2 különböző ligandum helyezkedik el (azaz a 4 ligandumból 2-2 azonos)?*
- Hány izomer lehetséges, ha a központi atom körül tetraéderesen 4 különböző ligandum helyezkedik el?*
- A közelmúltban sikeresen állították elő az öt különböző szubsztituenssel rendelkező korannulént. A korannulén térszerkezete egy homorú tálra hasonlít leginkább.*

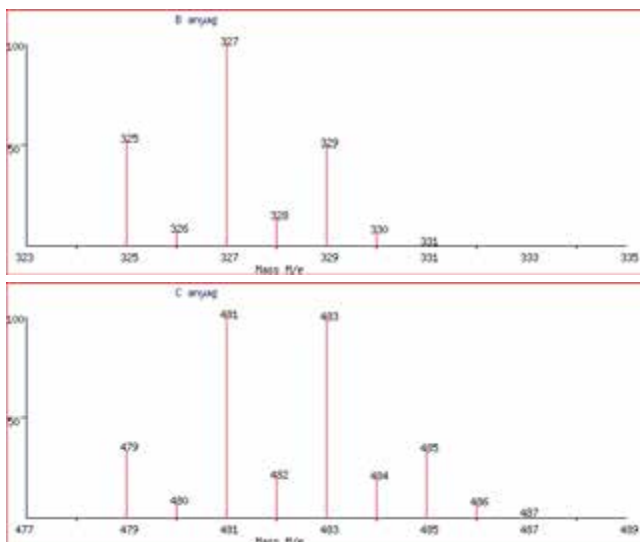


- i. Hány izomer lehetséges egy 5 különböző szubsztituenst tartalmazó korannulénél, ha a „tálat merevnek” feltételezzük?
- ii. Hány izomer lehetséges egy 5 különböző szubsztituenst tartalmazó korannulénél, ha feltételezzük, hogy a „tál ki-be tud fordulni”?
- iii. Javasoljon egy az *R-S* konvencióhoz hasonló leírást a korannulén izomerek abszolút konfigurációjára! (A ligandum sorszámozás megegyezhet a C.I.P. konvencióéval.)

(Varga Szilárd)

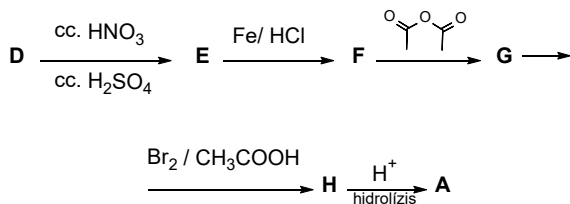
**H257.** Egy szerves aromás vegyületcsalád három különböző tagját állították elő (A, B, C). A vegyületeket tömegspektrometriásan vizsgálták és a következő spektrumokat kapták:





a) Mi mondható el a vegyületek összetételéről, ha mind a hármát ugyanaz a négy elem alkotja?

A három közül a legegyszerűbben **A** állítható elő, szintézisét a következő reakciósor mutatja:



b) Rajzold fel az **A**, **D-H** betűk által jelölt vegyületek szerkezetét! A **D** vegyület az aromás vegyületcsalád legjelentősebb és legegyszerűbb szénhidrogén képviselője.

c) Az **A**, **B**, **C** vegyületekben a központi heteroatomhoz ugyanaz a szubsztituált aromás csoport/ok kapcsolódnak. Rajzold fel a **B**, **C** vegyületek szerkezetét!

d) A **C** vegyület diklórmetános oldatához  $\text{SbCl}_5$ -ot adnak, ekkor  $\text{SbCl}_3$  mellett keletkezik az **I**, kationjában párosítatlan elektront tartalmazó só, melynek klórtartalma 26,1 m/m%. Rajzold fel az **I** vegyület szerkezetét!

(Varga Szilárd)

**H258.** A következő cellákból állítunk össze galvánelemeket.

- *Mennyi az egyes elemek elektromotoros ereje?*
- *Melyik elektród lesz az anód, melyik a katód?*

	A cella	B cella
a)	Cu/1 mol/dm <sup>3</sup> CuSO <sub>4</sub>	Zn/1 mol/dm <sup>3</sup> ZnSO <sub>4</sub>
b)	Cu/0,01 mol/dm <sup>3</sup> CuSO <sub>4</sub>	Zn/0,05 mol/dm <sup>3</sup> ZnSO <sub>4</sub>
c)	Cu/1 mol/dm <sup>3</sup> CuSO <sub>4</sub>	Pt/H <sub>2</sub> 0,02 mol/dm <sup>3</sup> HCOOH
d)	Cu/1 mol/dm <sup>3</sup> CuSO <sub>4</sub>	Ag/0,01 mol/dm <sup>3</sup> AgNO <sub>3</sub> + 0,5 mol/dm <sup>3</sup> KCl

$\varepsilon^{\circ}(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = +0,342 \text{ V}$ ;  $\varepsilon^{\circ}(\text{Cu}^{+}/\text{Cu}^{2+}) = +0,153 \text{ V}$ ;  $\varepsilon^{\circ}(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0,76 \text{ V}$ ;  
 $\varepsilon^{\circ}(\text{Ag}/\text{Ag}^{+}) = +0,800 \text{ V}$ ;  $K_{\text{HCOOH}} = 1,77 \cdot 10^{-4}$ ;  $L_{\text{AgCl}} = 1,56 \cdot 10^{-10}$

(Varga Szilárd)

**H259.** Egy új, szerves kémiai katalizátorhoz vízmentes réz(II)-fluoridra volt szükség. Ezt a recept szerint elemi réz vagy réz(II)-klorid fluorgázzal történő oxidációjával lehetett volna előállítani, azonban egy szerves laborban ez nem kivitelezhető. Ezért aztán a réz(II)-hidroxid folyósavban történő oldásával próbálkoztak, azonban mikor azt tapasztalták, hogy a termék tömege a kiindulási anyagénak 1,41-szerese, a minta kihevítése mellett döntöttek. 132 °C-on az anyag tömegének 26,9%-át elveszítette, a fejlődő gázok megmárták az üveget, és a kutató égési sérüléseket szenvedett, görcsöket kapott, így nem tudta leállítani a kísérletet. 420 °C-on ismét maró gázok törtek elő.

A hevített minták vizsgálatához a szilárd anyagok 100-100 mg-ját 10,00 cm<sup>3</sup> 0,100 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú sósavban oldották, majd 50,00 cm<sup>3</sup> 0,100 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú NaOH-oldatot adtak hozzájuk. A csapadékok leszűrése után a szűrletekre a félig kihevített minta esetén 25,07 cm<sup>3</sup>, a teljesen kihevített minta esetén 28,9 cm<sup>3</sup> 0,100 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú sósav fogyott.

*Írd fel a lejátszódó reakciók egyenletét!*

(Forman Ferenc)

**H260.** Nagyon nagy nyomásokon az anyagok jelentős részének a kémiai tulajdonságai is megváltoznak. Tiszta nátrium-kloridból elemi nátrium vagy klór jelenlétében például 140 GPa nyomáson három különböző összetételű biner vegyületet is sikerült előállítani (A-C). Ezen kristályos vegyületek gyakran igen nehezen értelmezhetők a hagyományos kötésfogalmakkal (ionos, kovalens vagy fémes), de szerkezetüket röntgenkrisztallográfiával viszonylag könnyű meghatározni. Az ilyen adatokból a szilárd rács elemi cellájának típusát és a benne lévő részecskék jellemző távolságait könnyű meghatározni. Mindhárom vegyület elemi cellája szabályos, a következő táblázat pedig megadja a sűrűségeket és a legrövidebb Na-Na, Na-Cl, és Cl-Cl távolságokat és az atmoszférikus nyomáson stabil halit (NaCl) adatait:

	sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	legrövidebb távolságok (pm)		
		Na-Na	Na-Cl	Cl-Cl
<b>A</b>	6,378	413,3; 584,5; 715,9	230,7; 357,9; 373,2	208,3; 231,4; 253,1
<b>B</b>	6,170	356,3; 411,4; 581,8	230,0; 370,8; 471,3	205,7; 251,9; 384,8
<b>C</b>	5,116	266,7; 377,2; 461,9	231,0; 442,3; 581,3	266,7; 377,2; 461,9
<b>NaCl</b>	2,164	398,8; 564,0; 690,8	282,0; 488,5; 630,6	398,8; 564,0; 690,8

*A megadott adatokból határozd meg a három vegyület tapasztalati képletét!*

(Lente Gábor)