

## Feladatok haladóknak

*Alkotó szerkesztő: Magyarfalvi Gábor*

### Megoldások

**H21.** A  $60^{\circ}\text{C}$ -on telített kálium-szulfát oldat 15,2 % sót tartalmaz. A 80,0 g só 446,3 g vízzel ad ilyen oldatot. Bárium-nitrátot beleszórva azonnal kiválik a  $\text{BaSO}_4$  csapadék. A beleszórt só mennyiségétől függően más lesz a visszamaradó oldat összetétele.

a) Ha a szulfát feleslegben marad, akkor kálium-szulfát és kálium-nitrát lesz az oldatban. A rosszabbul oldódó szulfát oldhatóságát kell vizsgálni.

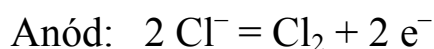
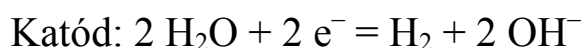
$20^{\circ}\text{C}$ -on a telített oldat 10 %-os, tehát ennyi vízben 49,6 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$  oldódik. Tehát az eredetileg oldott 80 grammból legalább 30,4 g kell reagáljon, hogy ne váljon ki  $\text{K}_2\text{SO}_4$  hűtés közben. Ehhez 45,6 g  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  hozzáadása szükséges, és melegen 40,7 g  $\text{BaSO}_4$  válik le (a moláris tömegek alapján  $\text{K}_2\text{SO}_4$ : 174,2 g/mol,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ : 261,3 g/mol,  $\text{BaSO}_4$ : 233,3 g/mol).

Ha ennél kevesebb bárium-sót adunk az oldathoz, akkor hűtés közben  $\text{K}_2\text{SO}_4$  válik le. Ha ennél több bárium-sót adunk az oldathoz, egyre több csapadék válik le melegen és marad vissza a szűrőn, viszont az oldat egyre kevésbé lesz tömény  $\text{K}_2\text{SO}_4$ -re nézve. 120 g hozzáadása esetén, leválik az összes szulfát, 107,1 g csapadék marad a szűrőn.

Ennél is több só adagolása esetén a csapadék mennyisége már nem nő, viszont bárium-nitrát és kálium-nitrát marad az oldatban. A rosszabbul oldódó bárium-só oldhatóságát kell vizsgálni.  $20^{\circ}\text{C}$ -on telített oldata 8 %-os, tehát a 446,3 g vízben 38,8 g oldódik. A szulfát leválásához szükséges mennyiséggel együtt tehát 158,8 g adható az oldathoz, hogy hűtés közben ne váljon ki csapadék. Ennél is több bárium-nitrátot adva a meleg oldathoz, hűtés közben  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  kiválása várható.

*Bellér Gábor (Debrecen, Tóth Árpád Gimnázium, tanára Hotliné Pócsi Anikó) megoldása alapján.*

**H22.** Az elektródreakciók:



A katódtérben keletkező NaOH oldat és a klórgáz reakciójában NaOCl oldat keletkezik, amit fertőtlenítőként használnak (Hypo). Az oldat NaCl-t is tartalmaz



Ha a NaOH-oldat pH-ja 13,3, akkor koncentrációja  $10^{-0,7}$  mol/dm<sup>3</sup>. Amikor a gázzal történő reakció teljes, akkor ez mind hipoklorittá és kloriddá alakul. Az oldat pH-ját a NaOCl hidrolízise szabja meg:

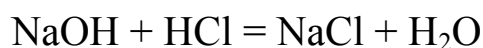
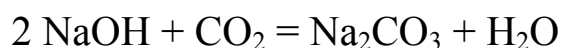
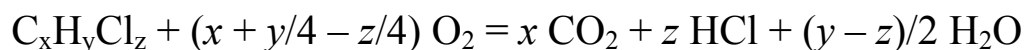
$$K_h = \frac{K_v}{K_s} = \frac{10^{-14}}{3,02 \cdot 10^{-8}} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{\frac{10^{-7}}{2} - [\text{OH}^-]}$$

$[\text{OH}^-] = 1,82 \cdot 10^{-4}$  mol/dm<sup>3</sup>. A pH 10,26.

Ha a klórból kevesebbet alkalmaznak, a hipoklorit keletkezésének reakciója jobbra tolódik, kiküszöbölhető (lecsökkenthető) a klórgáz fejlődése a termékből.

*Herner András (Kaposvár, Táncsics Mihály Gimnázium, tanára dr. Miklós Endréné) megoldása alapján.*

**H23.** Az égetés és az elnyeletés reakciói:



A metilnarancs indikátor savas tartományban, pH 3,1-4,4 között jelez, ahol a karbonátból ismét CO<sub>2</sub> lesz. A forralásra azért van szükség, hogy eltávozzon az oldatból.

A fogyott NaOH a sósavtartalomnak felel meg:

$$\frac{60 \text{ cm}^3 \cdot 1,22 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,2}{40 \text{ g/mol}} - \frac{1,015 \text{ mol/dm}^3 \cdot 2,483 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3}{20 \text{ cm}^3} \cdot 250 \text{ cm}^3 = 0,051 \text{ mol}$$

A minta anyagmennyisége:  $n = \frac{3,24}{M} = \frac{0,051}{z}$ , ahol  $M$  a vegyület moláris tömege.

Az elnyelető oldatban az összes égéstermék megkötődött. A tömeggyarapodás a minta tömegénél az égéshez szükséges oxigén tömegével nagyobb:

$$7,73 - 3,24 = n \left( x + \frac{y-z}{4} \right) 32$$

A két egyenletből:  $4x + y = 12z$ . Ha vegyület telített, akkor  $2x + 2 = y + z$ .

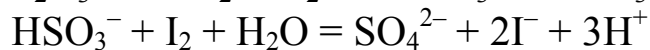
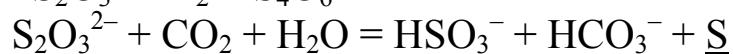
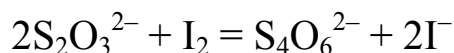
Ezeknek a feltételeknek egyedül a 4, 8, 2 számhármassal tesz eleget. Telítetlenséget feltételezve sem adódik más megoldás.

A vegyület összegképlete  $\text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2$ .

A 6 lehetséges egyenes láncú izomer szerkezete:

$\text{CHCl}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl-CHCl-CH}_2\text{-CH}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{-CHCl-CH}_3$ ,  
 $\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_3\text{-CHCl-CHCl-CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{-CCl}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ .

**H24. a)**  $\text{H}(\text{IO}_3)_2^- + 10\text{I}^- + 11\text{H}^+ = 6\text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$



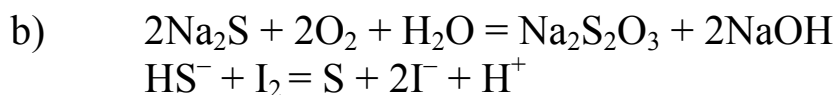
A tioszulfát törzsoldat eredeti koncentrációja  $0,01 \text{ mol/dm}^3$  volt.

A vizsgált oldat  $a$  mmol tioszulfátot és  $b$  mmol szulfidot tartalmaz. Ekkor a következő egyenletek írhatók fel:

$$0,05 = a/2 + b$$

$$0,0988 = a + b$$

Az egyenleteket megoldva:  $a = 9,76 \cdot 10^{-2} \text{ mmol}$ ;  $b = 1,20 \cdot 10^{-3} \text{ mmol}$ .  
Tehát a tioszulfát 1,22%-a diszproporcionálódott.



A  $\text{I}_2$  mérőoldat koncentrációja  $1,2716 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$ .

A törzsoldat  $x$  mmol szulfidot,  $y$  mmol tioszulfátot és  $2y$  mmol hidroxidot tartalmaz.

$$x + 0,5y = 1,2767$$

$$78,04x + 158,10y + 2 \times 40,00y = 134,0$$

Az egyenletrendszer megoldva:  $0,1726$  mmol tioszulfát,  $1,190$  mmol szulfid,  $0,3452$  mmol hidroxid található az oldatban.

Tehát 22,49%-a oxidálódott a nátrium-szulfidnak.

c) Az ioncserélés utáni oldatban a hidroxidion mennyisége:

$$(0,1726 \times 2 + 1,190 \times 2 + 0,3452) / 2 = 1,5352 \text{ mmol}$$

Tehát a sósav mérőoldat fogyása  $25,00 \text{ cm}^3$  ioncserélt oldatra 6,67  $\text{cm}^3$ .

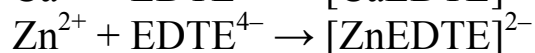
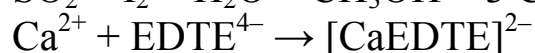
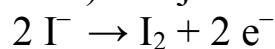
Hibák:

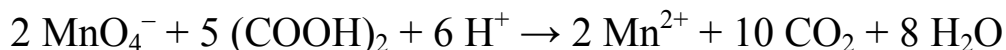
- Sokan a bijodátot reagáltatták a tioszulfáttal a faktorozás során. Ez nem helyes, ugyanis a faktorozásnál ismert mennyiségű bijodátból savas közegben feleslegben lévő jodiddal generálunk ismert mennyiségű jódot. Azért mondjuk, hogy bijodátra faktorozunk, mert a bijodát mennyisége határozza meg a jód mennyiségét is.
- Sokan nem vették figyelembe, hogy az oxidálódott nátrium-szulfid nem tiszta anyag, hanem nátrium-szulfid, nátrium-tioszulfát és nátrium-hidroxid keveréke. Sokan megfélekedtek a nátrium-hidroxidról.
- Az ioncsere előtt oldatban lévő nátrium-hidroxid ugyanúgy az oldatban lesz utána is, tehát a sósav mérőoldatot fogyaszt. Ezt sem vette mindenki figyelembe.

A pontátlag 5,5. Hibátlan megoldást Bazsó Gábor és Cserép Gergely küldött be.

Varga Szilárd

**H25.** b) A lejátszódó folyamatok egyenletei:



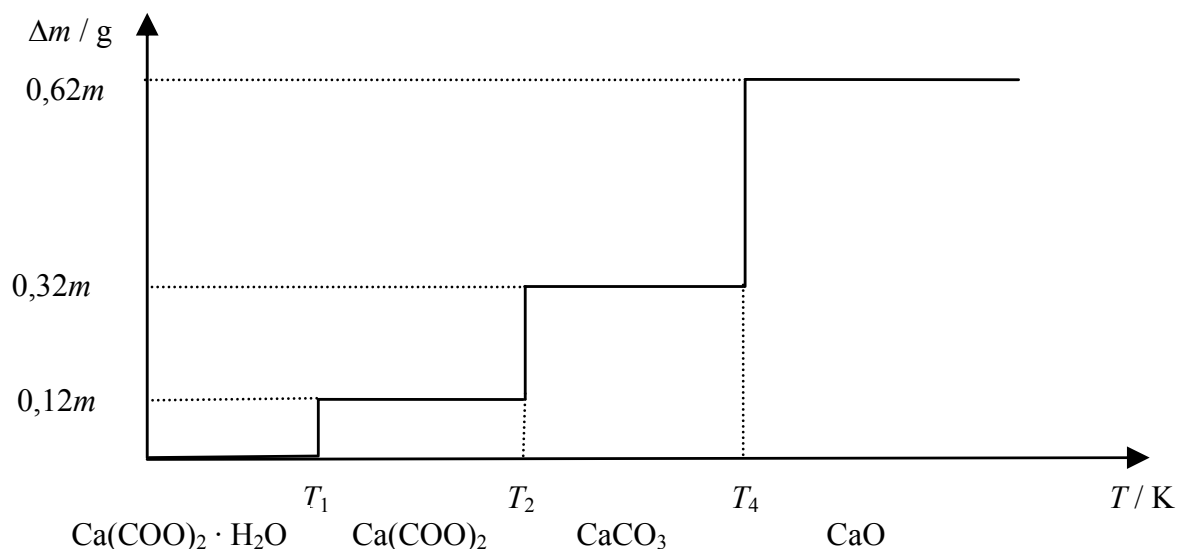


a) A kristályos timsó 12 kristályvizet tartalmaz. A minta 95 mg-jának víztartalma 0,65 mmol.

A komplexometriás titrálás alapján 110 mg mintában 0,75 mmol  $\text{Ca}^{2+}$  van. Az oldhatatlan kristályaink oxalát tartalma 72 mg mintában 0,49 mmol. Tehát a minta pontos képlete:  $\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

c) Valószínűleg vesekő volt a mintánk.

d)

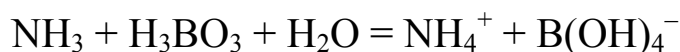


- A b) feladatrészeiről sokan megfélekedtek, vagy hiányosan küldték be.
- A grafikonnál többeknél előfordult, hogy a tengelyeket fordítva vették fel, vagy nem a tömegváltozást, hanem egy tetszőleges tömegű minta tömegét ábrázolták különböző hőmérsékleten. Gyakori hiba volt, hogy az ugrásszerű változásokat egyenes arányságnak vették. Ellenben a megoldások többségénél az egyes folyamatok egyenleteit is megtaláltam, ennek nagyon örültem.

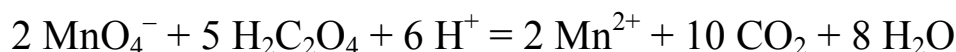
A pontátlag 7,12. Hibátlan megoldás nem volt, de szép megoldásokat küldött be Széchenyi Gábor és Nagy Péter (*Szolnok, Versegly Ferenc Gimnázium, tanáruk Pogányiné Balázs Zsuzsanna*).

Varga Szilárd

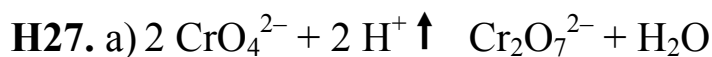
**H26.** a)  $\text{NH}_4^+$  ionok keletkeznek a roncsolás során, amiből  $\text{NH}_3$  szabadítható fel. Ez nyelődik el bórsav oldatában:



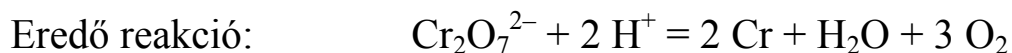
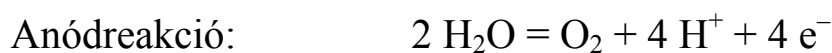
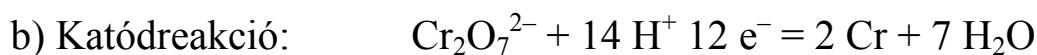
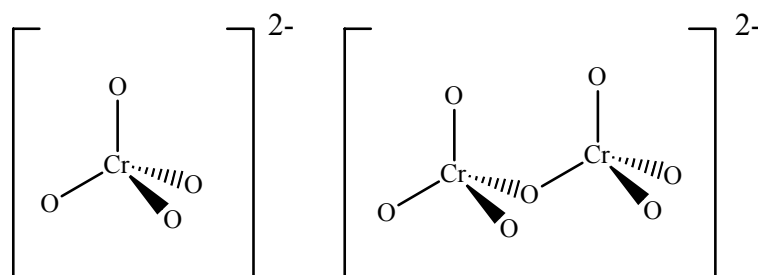
A kénsavas mérés során a bórtartalmú anion visszaalakul bórsavvá. Az oldat ammóniumionokat és bórsavat tartalmaz a végpontban, ezért savas a kémhatása, így pl. metilnarancs indikátort célszerű használni.



$$A = [5 (\text{B} \cdot \text{C}) - 2 (\text{D} \cdot \text{E})] \cdot 7 / \text{F}$$



A króm oxidációs száma mindkét ionban +6, így nem redoxi reakcióról van szó. Az egyensúly helyzetét elsősorban a hidrogénionok koncentrációja határozza meg.



52 g króm az 1 mol, amíg ez fejlődik 1,5 mol oxigén szabadult fel.

A leváláshoz 6·96485 C töltés kell, ami 16 óra alatt halad át az oldaton.

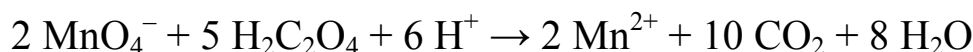
A króm felületén vékony és átlátszó, jól tapadó  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  bevonat keletkezik levegőn, ezért használják esztétikus védőbevonatként könnyebben korrodáló fémek felületén.

**H28.** a) A karbamid vizes oldatban forralás során elbomlik (hidrolizál):



A kezdetben savas oldatból a szén-dioxid forralás hatására eltávozik, míg a keletkező ammónia oldatban marad és növeli annak pH-ját. Amikor az indikátor színt vált, akkor az oxálsavból keletkező oxalát ionok leválnak Ca-csapadék formájában.

b) Az újra feloldott csapadék oxálsavtartalma megfelel a kiindulási kalciumnak. A titrálás során fogy 0,0685 mmol permanganát.



Azaz 0,171 mmol oxalát, illetve kalcium volt a 25 ml mintában. A koncentrációja  $6,85 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ .

c) A hidrogénion koncentráció ( $10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ) ismeretében egyszerűsödnek az egyenletek. Vegyük a szabad oxalát koncentrációját ismeretlennek:

$$L = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] \Rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = \frac{L}{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]} = \frac{1,3 \cdot 10^{-8}}{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}$$

$$K_{s2} = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}{[\text{HC}_2\text{O}_4^-]} \Rightarrow [\text{HC}_2\text{O}_4^-] = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}{K_{s2}} = 1,845 [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$$

$$K_{s1}K_{s2} = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]} \Rightarrow [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}{K_{s1}K_{s2}} = 3,3 \cdot 10^{-3} [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$$

Az oldatba ugyanannyi Ca kerül, mint oxalát:

$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] + [\text{HC}_2\text{O}_4^-] + [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4]$$

Behelyettesítve és megoldva:

$$[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 6,76 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3. \text{ Az oldhatóság: } [\text{Ca}^{2+}] = 1,92 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3.$$

A szabad oxálsav mennyiségét akár el is hanyagolhatjuk.

*Váradi Zoltán (Budapest, Jedlik Ányos Gimnázium, tanára Elekné Becz Beatrix) megoldása alapján.*

**H29.** a) A megoszlási hányadosba behelyettesítve megkapjuk az eredményt: **99,80%**-os az extrakció.

b) A megoszlási hányadosban a koncentrációk hányadosából ekvivalens átalakítással az egyes fázisokban lévő anyag mólarányának és a térfogatarányának a szorzatához jutunk:

$$K_D = n_{\text{szerves}} / n_{\text{vizes}} \cdot \beta.$$

A hatásfok képletében a tömegarány helyett mólarány is használható, így a hatásfokra a következő összefüggést kapjuk:

$$\eta = n_{\text{szerves}} / (n_{\text{vizes}} + n_{\text{szerves}}) \cdot 100\%.$$

A két egyenlet egybevetésével jutunk el a végeredményhez.

$$\eta = K_D / [K_D + \beta] \cdot 100\%$$

c) A számításokat elvégezve a) szerint az eredmény: **99,9996%**.

d) Többszöri kirázásra elvégezzük behelyettesítés nélkül a számolásokat és ezen képletek egyszerűsítése után általánosíthatunk  $n$ -szeres esetre. Ezzel a módszerrel kapott eredmény a következő:

$$\eta = [1 - (1 + K_D)^{-n}] \cdot 100\%$$

e) A fenti ismeretek alapján kiszámítható, hogy  $100,0 \text{ cm}^3$  apoláris oldószerrel extrahálva 99,90%-os a hatásfok, míg  $2 \times 50,00 \text{ cm}^3$  extrahálva 99,996%-os. Tehát érdekesebb  $2 \times 50,00 \text{ cm}^3$ -rel tisztítani.

A feladatra sok helyes megoldás érkezett. A pontátlag 8,6 pont.

Varga Szilárd

**H30.** a) A Hg(II)-rodanid  $\text{Hg}^{2+}$  és  $\text{SCN}^-$  ionokra disszociál; az oldhatóság:  $S = [\text{Hg}^{2+}] = [\text{SCN}^-] / 2$ . Így az oldhatósági szorzat:

$$L_{\text{Hg}(\text{SCN})_2} = [\text{Hg}^{2+}] \cdot [\text{SCN}^-]^2 = S \cdot (2S)^2 = 4S^3; \text{ ebből } S = \mathbf{2,40 \cdot 10^{-3} \text{ M}}.$$

A Hg(I)-rodanid disszociációjakor – más változó vegyértékű fémekkel ellentétben – nem  $\text{Hg}^+$  ionok, hanem  $\text{Hg}_2^{2+}$  ionok keletkeznek, vagyis, hasonlóan a Hg(II)-sóhoz,  $L_{\text{Hg}_2(\text{SCN})_2} = [\text{Hg}_2^{2+}] \cdot [\text{SCN}^-]^2 = S \cdot (2S)^2 = 4S^3$ , és  $S = \mathbf{2,00 \cdot 10^{-7} \text{ M}}$ .



b) Ha a  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$  nem disszociál teljesen, hanem molekulárisan is oldódik, akkor a **tapasztalt oldhatóság** az oldhatósági szorzat alapján vártnál **nagyobb lesz** a molekuláris forma mennyiségével.

c) A komplex koncentrációja az ekvivalencia-pontban  $[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}] = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ . A szabad  $\text{Ag}^+$  koncentrációja megegyezik a szabad  $\text{SCN}^-$  és a komplex koncentrációinak összegével:  $[\text{Ag}^+] = [\text{SCN}^-] + [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$ . Az oldhatósági szorzat:  $L = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{SCN}^-]$ , a komplexképződés egyensúlyi

állandója pedig  $K = \frac{[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]}$ . Ezekből az egyenletekből  $[\text{Fe}^{3+}] =$

**0,0793 M**; e mellett a komplex koncentrációja elhanyagolható, így ennyinek vehető a  $\text{Fe}^{3+}$  összes koncentrációja is.

*Megjegyzés:* Sokan gondolták azt, hogy  $[\text{Ag}^+] = [\text{SCN}^-]$ , ami nem igaz, hiszen a rodanidionok egy része komplexet képez a vasionokkal. Itt valóban két egyensúly van, oldódás és komplexképződés, amelyek a közös  $\text{SCN}^-$  ion miatt nem függetlenek egymástól. A gyakorlatban az itt kiszámítottnál jóval kisebb koncentrációban alkalmazzák a  $\text{Fe}^{3+}$ -sót, így az ekvivalencia-pontban még nem látható a komplex színe, azonban a mérőoldat igen kis feleslegének hatására is jelentősen megnő az oldatban az  $\text{SCN}^-$  és  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  koncentrációja, így a komplex színe észlelhető lesz.

d) Nem használható, mert  $\text{Fe}^{2+}$ -t tartalmaz:

(3)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ; (8)  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ .

Nem oldódik vízben: (7)  $\text{FePO}_4$ . Nem disszociáló komplexként tartalmazza a 3-értékű vasiont: (5)  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ .

A többi négy anyag oldata tényleg tartalmazhat  $\text{Fe}^{3+}$ -ionokat megfelelő koncentrációban; ezeknél megvizsgálandó, hogy a titrálást zavarják-e:

(1)  $\text{FeCl}_3$ : a kloridion zavar, mert csapadékot képez az  $\text{Ag}^+$ -ionokkal.

(4)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ : az anion esetleges zavaró hatását ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  csapadék?) meg kell vizsgálni

(6)  $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ : zavarhat a szulfácion ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  csapadék?), és az ammóniumionból keletkező  $\text{NH}_3$  is ( $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  komplex?).

Vagyis a legjobb, legbiztonságosabb, ha a **(2)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$**  oldatát használjuk.

*Megjegyzés:* Számításokkal ellenőrizhető, hogy sem a  $\text{SO}_4^{2-}$ -ion, sem az  $\text{NH}_4^+$ -ion nem zavar. A titrálás savas közegben folyik (hiszen semleges vagy lúgos közegben leválna a  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ), így az ammóniumion nem za-

var, hiszen ekkor az  $\text{NH}_4^+$  protonált marad, az oldatban az  $\text{NH}_3$ -koncentráció nagyon kicsi, és  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  komplex nem képződhet.

$\text{Ag}_2\text{SO}_4$  csak viszonylag nagy  $\text{Ag}^+$  koncentrációnál válhat le, és a titrálás előrehaladásával, ahogy  $[\text{Ag}^+]$  csökken, az esetlegesen kiváló csapadék feloldódhat. (Kloridion esetén nem számíthatunk az  $\text{AgCl}$  visszaoldódására az  $\text{AgCl}$  kis oldhatósági szorzata miatt, így  $\text{Cl}^-$ -tartalmú indikátoroldat nem használható.) A gyakorlatban  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  kiválása nem valószínű akkor sem, ha szulfáttartalmú az indikátor, mert a  $\text{Fe}^{3+}$  szokásos koncentrációja, így a szulfátkoncentráció is jóval kisebb a c) pontban kiszámítottnál. (Természetesen az oldat megsavanyítására nem használhatunk kénsavat!)

e) A KSCN mérőoldat koncentrációja:  $25,00 \text{ cm}^3 \cdot 0,1000 \text{ M} / 33,11 \text{ cm}^3 = 0,07551 \text{ M}$ . A faktorozás és a titrálás fogyásai közötti különbség felel meg az ismeretlen  $\text{Br}^-$ -tartalmának, azaz  $(33,11 \text{ cm}^3 - 26,49 \text{ cm}^3) / 1000 \cdot 0,07551 \text{ M} = 0,4998 \cdot 10^{-3} \text{ mol Br}^-$ -ion volt az ismeretlen  $25,00 \text{ cm}^3$ -ében, vagyis az ismeretlen koncentrációja  $[\text{Br}^-] = \mathbf{0,01999 \text{ M}}$ .

f) A helyes eredmény többféleképpen kiszámítható; az itt bemutatott megoldásban az anyagmennyiséget mmol-okban számoljuk, a térfogatot pedig  $\text{cm}^3$ -ben ( $1 \text{ M} = 1 \text{ mmol/cm}^3$ ).

A rendszer összes  $\text{Ag}^+$ -tartalma:  $n_{\text{Ag}, \text{össz}} = 25,00 \text{ cm}^3 \cdot 0,1000 \text{ mmol/cm}^3 = 2,5 \text{ mmol}$ ; ez három formában van jelen:  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgSCN}$  és oldott  $\text{Ag}^+$ . Az összes  $\text{Br}^-$  mennyisége:  $n_{\text{Br}, \text{össz}} = 25,00 \text{ cm}^3 \cdot 0,01999 \text{ mmol/cm}^3 = 0,4998 \text{ mmol}$ ; ez részben  $\text{AgBr}$ -ként, részben oldott  $\text{Br}^-$ -ként van jelen. Az  $\text{SCN}^-$  ionok összes mennyisége a titráltsági foktól függ ( $\varphi = 0,99; 1,00; 1,01$  a feladatban szereplő három esetben):  $n_{\text{SCN}, \text{össz}} = \varphi \cdot 26,49 \text{ cm}^3 \cdot 0,07551 \text{ mmol/cm}^3 = \varphi \cdot 2,000 \text{ mmol}$ . Ha az egyes ionok anyagmennyiségeire felírjuk az anyagmegmaradás egyenletét, akkor három egyenlethez jutunk:

$$n_{\text{Ag}, \text{össz}} = n_{\text{AgBr}} + n_{\text{AgSCN}} + n_{\text{Ag}^+}$$

$$n_{\text{Br}, \text{össz}} = n_{\text{AgBr}} + n_{\text{Br}^-}$$

$$n_{\text{SCN}, \text{össz}} = n_{\text{AgSCN}} + n_{\text{SCN}^-}$$

E három egyenletből kiküszöbölve a csapadékok anyagmennyiségét, azt kapjuk, hogy  $n_{\text{Ag}, \text{össz}} - n_{\text{Br}, \text{össz}} - n_{\text{SCN}, \text{össz}} = n_{\text{Ag}^+} - n_{\text{Br}^-} - n_{\text{SCN}^-}$

Ezt az oldat  $V_{\text{össz}}$  összes térfogatával elosztva:

$$(n_{\text{Ag}, \text{össz}} - n_{\text{Br}, \text{össz}} - n_{\text{SCN}, \text{össz}}) / V_{\text{össz}} = [\text{Ag}^+] - [\text{Br}^-] - [\text{SCN}^-]$$

A  $\text{Br}^-$  és  $\text{SCN}^-$  koncentrációja kifejezhető az  $\text{Ag}^+$  koncentrációjával és az oldhatósági szorzatokkal:  $[\text{Br}^-] = L_{\text{AgBr}} / [\text{Ag}^+]$  és  $[\text{SCN}^-] = L_{\text{AgSCN}} / [\text{Ag}^+]$

Ezeket beírva az előző egyenletbe, és mindkét oldalt  $[\text{Ag}^+]$ -val szorozva, egy másodfokú egyenlethez jutunk:

$$[\text{Ag}^+] \cdot (n_{\text{Ag}, \text{össz}} - n_{\text{Br}, \text{össz}} - n_{\text{SCN}, \text{össz}}) / V_{\text{össz}} = [\text{Ag}^+]^2 - L_{\text{AgBr}} - L_{\text{AgSCN}}$$

Ebben az egyenletben  $n_{\text{SCN}, \text{össz}}$  a titráltsági foktól függ. Így a feladatban megadott három titráltsági fok esetén megoldható a másodfokú egyenlet, és megkapható az oldat  $\text{Ag}^+$ -koncentrációja. A  $\text{Br}^-$  és  $\text{SCN}^-$  koncentrációkat az oldhatósági szorzatból számíthatjuk ki.

Az így kapott eredmények ( $\text{mol}/\text{dm}^3$ -ben vagy  $\text{mmol}/\text{cm}^3$ -ben):

| $\varphi$   | $[\text{Ag}^+]$       | $[\text{Br}^-]$       | $[\text{SCN}^-]$      |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0,99 (99%)  | $2,624 \cdot 10^{-4}$ | $1,905 \cdot 10^{-9}$ | $3,811 \cdot 10^{-9}$ |
| 1,00 (100%) | $1,225 \cdot 10^{-6}$ | $4,082 \cdot 10^{-7}$ | $8,165 \cdot 10^{-7}$ |
| 1,01 (101%) | $5,756 \cdot 10^{-9}$ | $8,687 \cdot 10^{-5}$ | $1,737 \cdot 10^{-4}$ |

Megjegyzés: Közelítő feltételezések alkalmazásával ugyanezeket az eredményeket gyorsabban megkaphatjuk, viszont mindegyik esetre más közelítést kell alkalmazni.

99% titráltságnál  $\text{Ag}^+$ -felesleg van; ekkor feltételezhetjük, hogy az  $\text{Ag}^+$  felesleg mellett az  $\text{AgBr}$  és  $\text{AgSCN}$  oldódásából származó  $\text{Ag}^+$ -ionok mennyisége elhanyagolható, így egyszerű hígulással lehet  $[\text{Ag}^+]$ -t kiszámítani,  $[\text{Br}^-]$  és  $[\text{SCN}^-]$  pedig az oldhatósági szorzatokból számítható.

100% titráltságnál  $[\text{Ag}^+] = [\text{Br}^-] + [\text{SCN}^-]$ . Ezt az egyenletet  $[\text{Ag}^+]$ -val beszorozva,  $[\text{Ag}^+]^2 = L_{\text{AgBr}} + L_{\text{AgSCN}}$ , ebből gyökvonással  $[\text{Ag}^+]$  kiszámítható,  $[\text{Br}^-]$  és  $[\text{SCN}^-]$  pedig ismét az oldhatósági szorzatokból kapható meg.

101% titráltságnál  $\text{SCN}^-$ -felesleg van. Az oldhatósági szorzatok arányából tudjuk, hogy az oldatban levő  $\text{Br}^-$ - és  $\text{SCN}^-$ -ionok aránya állandó, így a hozzáadott  $\text{SCN}^-$ -felesleg egy része oldott bromid-ionként lesz jelen. Feltételezhetjük, hogy az  $\text{AgBr}$  és  $\text{AgSCN}$  oldódásából származó anionok mennyisége elhanyagolható a mérőoldat feleslegéhez képest. Felhasználva, hogy  $L_{\text{AgBr}} / L_{\text{AgSCN}} = ([\text{Ag}^+] \cdot [\text{Br}^-]) / ([\text{Ag}^+] \cdot [\text{SCN}^-]) = [\text{Br}^-] / [\text{SCN}^-]$ , a mérőoldat feleslegének mennyiségéből kiszámítható az egyes anionok koncentrációja, majd ismét az oldhatósági szorzatok segítségével  $[\text{Ag}^+]$  megkapható.

Perger Tamás

**HO3.** a) Általános megfontolások: A szimmetriaelemek szimmetriaműveletekre utalnak. Ezeket a műveleteket elvégezve a molekula szimmetria szempontból ekvivalens részei kicserélődnek, de pont emiatt a dipólusmomentum vektor (iránya és hossza) nem változik. Ezért, ha például a molekula rendelkezik egy tükörsíkkal, akkor a dipólusmomentum ebben a tükörsíkban fekszik, különben a tükrözés hatására irányt változtatna. Ugyanígy, ha van forgástengely, akkor a dipólusmomentum ebben a tengelyben fekszik.

Példák szükséges feltételre:

- Legyen a molekulában legalább két egyforma atom. (Ha nincs, biztos van dipólusmomentum.)
- A molekula rendelkezzen valamilyen szimmetriaelemmel. Ez nem feltétlen kell, hogy tükörsík legyen. Ha csak egy tükörközéppontja van a molekulának, akkor sem lesz poláris.

Példák elégséges feltételre:

- A molekula rendelkezzen két egymást metsző forgástengellyel. (A dipólusmomentumnak a forgástengely mentén kell feküdnie, de mivel egymást metsző tengelyek vannak, tehát a dipólusmomentum vektor csak nullvektor lehet.)
- A molekula rendelkezzen szimmetriaközépponttal. (A szimmetriaközéppont miatt bármely irányban a töltések kompenzálják egymást, a dipólusvektor, mint 0 vektor a szimmetriaközéppontban "fekszik".

Példa szükséges és elégséges feltételre:

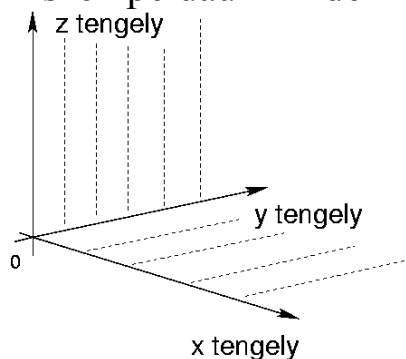
- A molekula szimmetriaelemeinek csak egy közös pontja van. (A dipólusvektor csak a szimmetriaelemek közös részében feküdhet. Mivel a feltétel szerint csak 1 pont a közös rész, ezért a dipólusmomentum 0 vektor, nincs a molekulának dipólusa. Ha a közös rész bővebb lenne, mint egy pont, /egyenes, vagy sík/, akkor abban feküdne a nem zérus dipólusmomentum vektor.)

*További gondolkodnivaló, pontversenyen kívül: Milyen sajátos pontja a molekulának ez a közös pont? Igaz-e, hogy ha van két közös pontja a szimmetriaelemeknek, akkor végtelen is van?*

b) A feladat megoldása során felhasználjuk azt a hallgatólagosan mindig is elfogadott állítást, hogy ha egy királis molekulát egy hozzá képest bármilyen módon elhelyezkedő tükörsíkra tükrözünk, az enantiomer párját kapjuk meg.

*Ennek bizonyításához végiggondolhatjuk pl. az alábbiakat: Egy jobbsodrású és egy balsodrású koordinátarendszer egymás enantiomerjei. Egy bármilyen síkra való tükrözés az egyik fajta sodrású rendszert átviszi a másikba. Egy enantiomerpár egyik tagját az egyik, másik tagját a másik koordinátarendszerbe el tudjuk helyezni úgy, hogy a két molekulának pontosan ugyanazok lesznek a koordinátái a két különböző koordinátarendszerben.*

A középpontos tükrözés megfelel három egymás utáni tükrözésnek három, páronként egymásra merőleges tükörsíkra. Az ábrán a koordinátatengelyek által meghatározott három síkra (kettő szaggatott vonallal jelölve van) való tükrözés a 0 pontra való középpontos tükrözéssel ekvivalens, hiszen például minden koordináta előjelet vált.

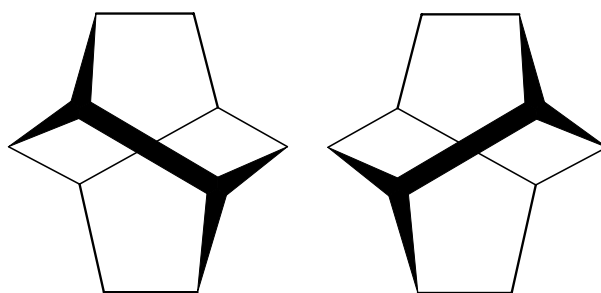


Tudjuk, hogy egy tükrözés az egyik enantiomerból a másikba visz át egy királis molekulát. A második visszahozza a molekulát az eredeti enantiomerbe, majd a harmadik megint visszaviszi az enantiomerpárjába. A 3 tükrözés miatt ugyanakkor a középpontosan tükrözött molekulához jutottunk így. Viszont a középpontos szimmetria szerint az eredeti és a most kapott molekula megegyezik, így az "enantiomerpár" tagjai nem enantiomerek, hanem azonos molekulák, tehát a molekula nem királis.

c) *Lehet-e egy molekulaszerkezet királis, ha nincs dipólusmomentuma?*

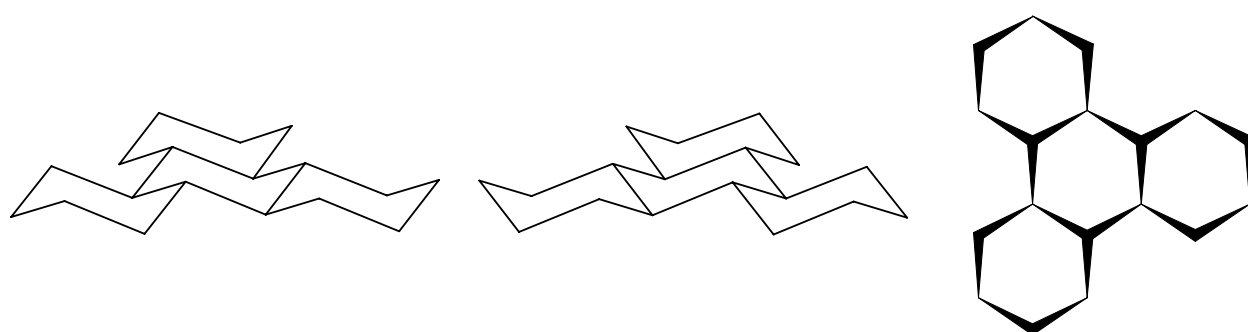
Minél aszimmetrikusabb a molekula, annál inkább várhatjuk, hogy királis lesz, minél szimmetrikusabb egy molekula, annál valószínűbb, hogy nem lesz dipólusmomentuma. A probléma tehát azzal kapcsolatos, hogy lehet-e kompromisszumot kötni: létezik-e olyan molekula, ami eléggé kevésbé szimmetrikus ahhoz, hogy királis legyen, viszont már eléggé szimmetrikus

ahhoz, hogy ne legyen dipólusmomentuma. Szerencsére létezik, s így nem kell azzal fáradozni, hogy azt próbáljuk bizonyítani, hogy nem létezik. Milyen típusú molekula lehet ez? Ha tükörsíkot vagy tükörközpontot tartalmaz, akkor nem lehet királis, tehát csak forgástengelyei lehetnek. Viszont dipólusmomentuma akkor nem lesz csak, ha szimmetriaelemeinek csak egy közös pontja lesz, tehát több forgástengelye kell legyen. Példák:

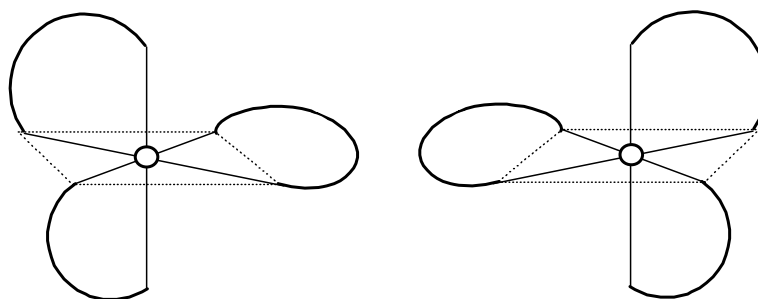


tvisztán

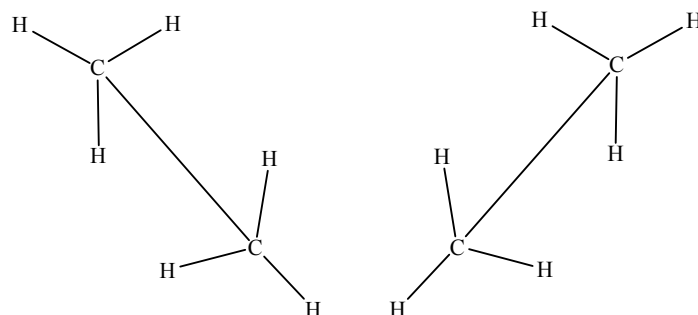
Három darab kétfogású forgástengelye van.



perhidro-trifenilén



trisz-quelát fémkomplex



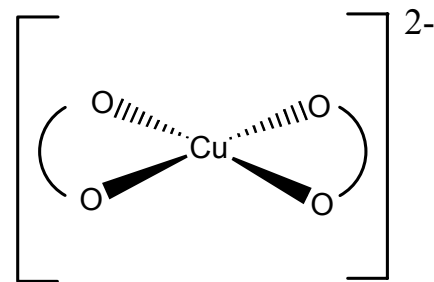
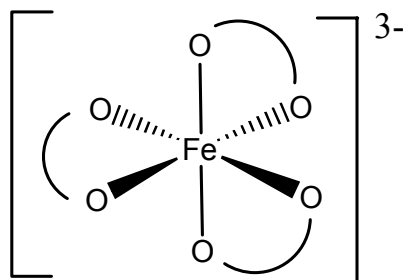
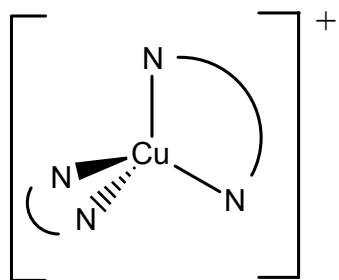
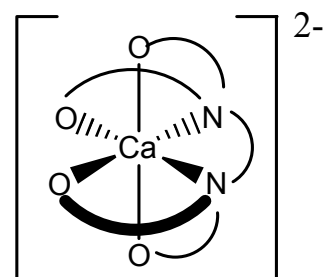
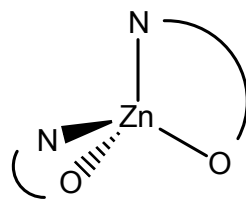
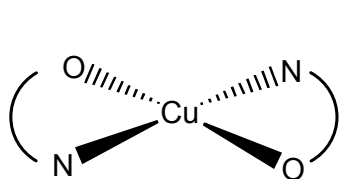
az etán egy kicsit eltekeredett szerkezete

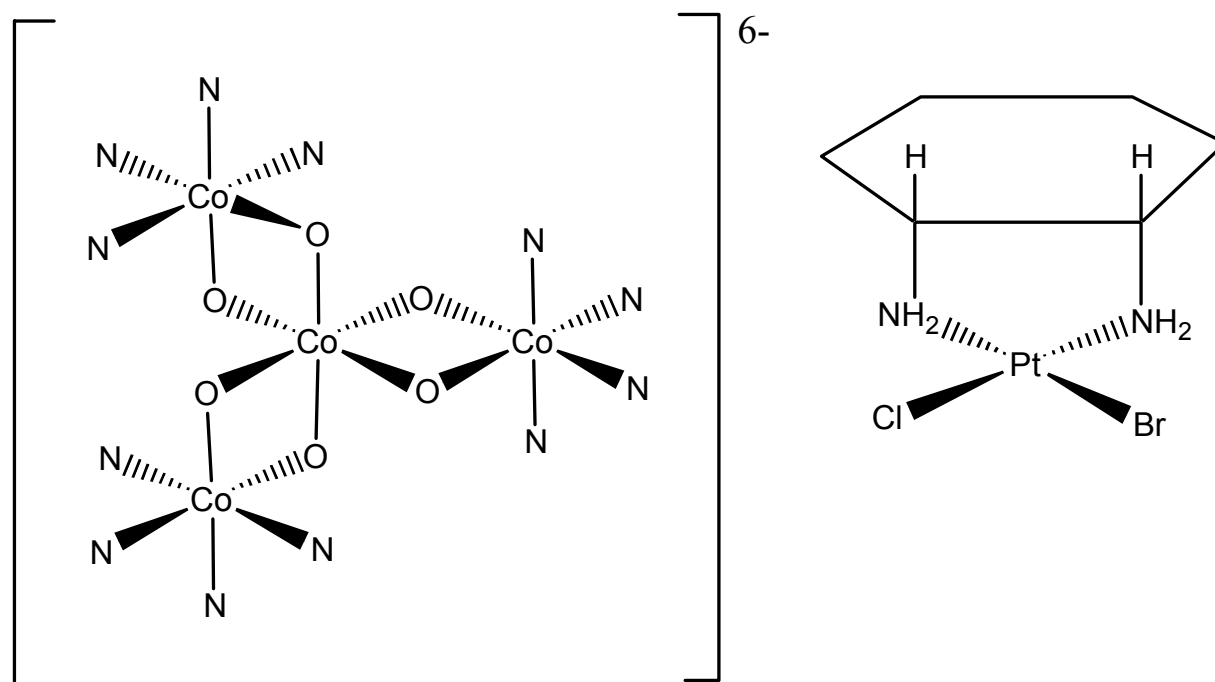
Mindegyiknek egy háromfogású tengelye és három kétfogású tengelye van.

*További gondolkodnivaló, pontversenyen kívül: adjon szükséges és elégséges feltételt arra, hogy a molekula ne legyen királis.*

Stirling András

**HO4. a)** A szerkezetek:

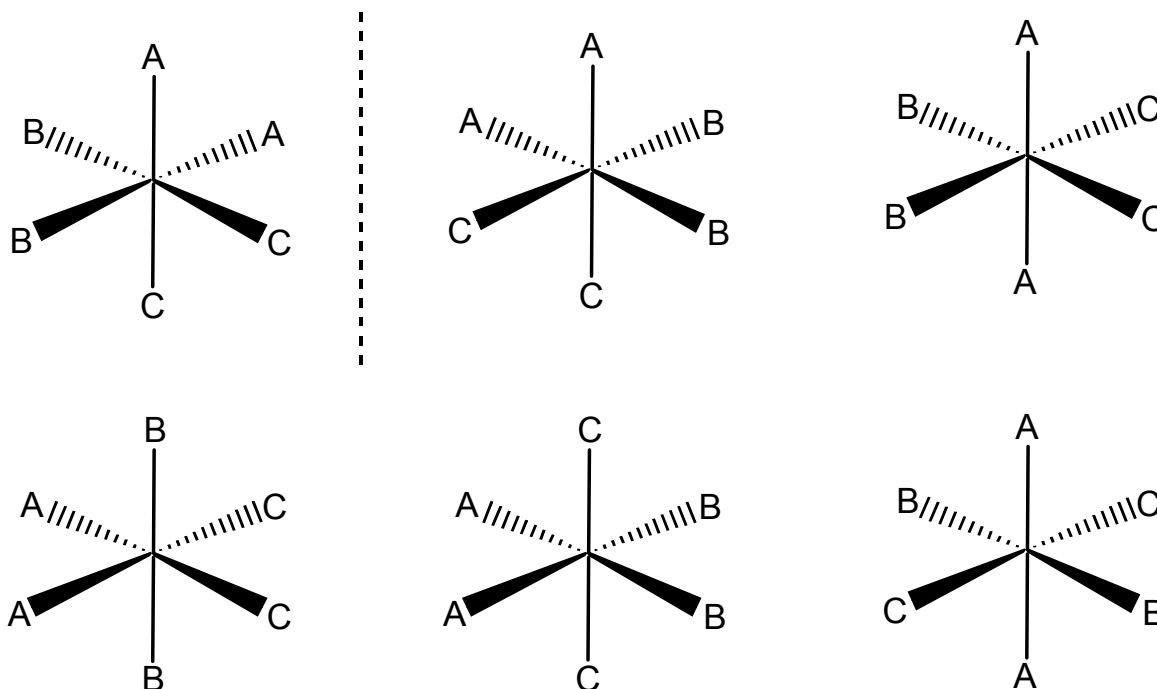




A vegyületek a három Cu komplex kivételével mind királisak, azaz nem fedésbe hozhatóak tükörképükkel. A két Cu(II) komplex planáris szerkezetű, így nem lehet királis. A harmadik rézkomplex tetraéderes, hisz Cu(I)-et tartalmazott, de a bpy ligandum szimmetrikus. Magában a mezo-1,2-diamino-ciklohexán sem és egy planáris platina komplex sem királis, de az utolsó anyag mégis királis.

b) Háromféle egyfogú ligandummal képezhető királis, oktaéderes komplex. Az  $M(A)_2(B)_2(C)_2$  komplex hat lehetséges szerkezetéből kettő egymás enantiomer párja.





**HO5.** Az oldat pH-ja 10,0, azaz a hidrogénion-koncentráció  $10^{-10}$  mol/dm<sup>3</sup>, a hidroxid koncentráció pedig  $10^{-4}$  mol/dm<sup>3</sup>. NaHA oldatról lévén szó:

$$[\text{Na}^+] = [\text{A}^{2-}] + [\text{HA}^-] + [\text{H}_2\text{A}]$$

Az elektroneutralitás alapján:

$$[\text{H}^+] + [\text{Na}^+] = 2[\text{A}^{2-}] + [\text{HA}^-] + [\text{OH}^-]$$

Az eddigiek alapján:

$$[\text{H}^+] + [\text{H}_2\text{A}] = [\text{A}^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

Az egyensúlyi állandó

$$K = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{A}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{A}]} = 10^{-21}, \text{ amibe behelyettesítve } [\text{A}^{2-}] = 0,1[\text{H}_2\text{A}].$$

A disszociálatlan savmolekulák koncentrációja tehát:

$$[\text{H}_2\text{A}] = \frac{10^{-4} - 10^{-10}}{0,9} = 1,11 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3.$$

Takáts Szabolcs (Budapest, Eötvös József Gimnázium, tanára Dancsó Éva) megoldása alapján. A feladat szövegében téves volt az állandó dimenziója, de szerencsére ez nem zavarta a megoldókat.

**HO6.** A 0,1 M ammónia oldat pH-ja az egyensúlyi állandó ismeretében könnyen kiszámítható, 11,13 lesz. Ehhez addig adagolunk  $\text{MgCl}_2$ -t, amíg 9,13 lesz a pH, azaz  $[\text{OH}^-] = 1,36 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ .

Ilyen magas pH-n az oldatból magnézium-hidroxid fog kiválni. A szabad magnézium koncentrációja meghatározható az oldhatósági szorzat ismeretében:

$$[\text{Mg}^{2+}] = L / [\text{OH}^-]^2 = 9,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$$

A báziserősségi állandó segítségével meghatározható az ammóniumionok és az ammónia koncentrációjának aránya:

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x \cdot [\text{OH}^-]}{c - x}$$

$$x = [\text{NH}_4^+] = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$$

Az elektroneutralitás alapján kiszámítható az oldatban levő klorid koncentrációja, ami a beleszórt sóból került oda:

$$2 [\text{Mg}^{2+}] + [\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{Cl}^-] = 0,254 \text{ mol/dm}^3$$

A 100 ml oldat esetében tehát  $m(\text{MgCl}_2) = 1,2 \text{ g}$ .

$\text{NH}_4\text{Cl}$  adagolása közben akkor oldódik fel a teljes csapadék, amikor a bemért magnézium teljes mennyisége oldatban lesz, azaz  $[\text{Mg}^{2+}] = 0,127 \text{ mol/dm}^3$  lesz.

Ebben a pillanatban a hidroxidionok koncentrációja megfelel az oldhatósági szorzatnak:  $[\text{OH}^-] = 1,19 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ .

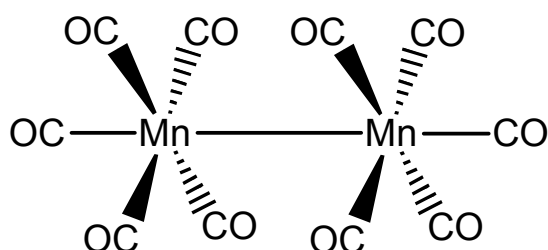
Ismét felírható az elektroneutralitás és a báziserősségi állandó összefüggése. Két dolog változik: a szilárd  $\text{NH}_4\text{Cl}$  növeli a kloridionok koncentrációját és az ammónia/ammónium teljes koncentrációját is (c).

Az egyenleteket megoldva  $[\text{Cl}^-] = 0,41 \text{ mol/dm}^3$ . volt a feloldódás pillanatában.

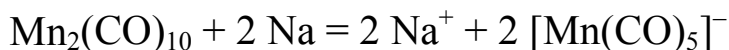
Ezt elérni 0,84 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  hozzáadásával lehet.

*Parázsó János (Budapest, Radnóti Miklós Gimnázium, tanára Paulovits Ferenc) megoldása alapján.*

**HO7.**  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$  keletkezik a redukció során. A 18 elektronos szabály úgy teljesülhet, hogy mangán-mangán kötés alakul ki, így a mangán 7 elektronját a fém-fém kötés egy, az öt karbonil ligandum 10 elektronnal egészíti ki.



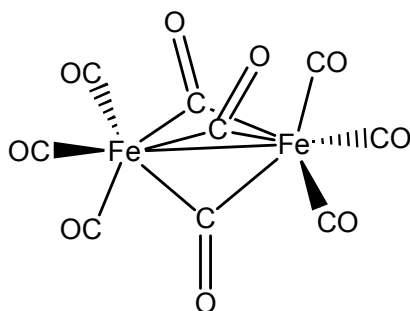
Nátriummal reagálva felszakad a Mn-Mn kötés és egymagvú anionok képződnek, amiben a töltést okozó elektron miatt ismét teljesül a 18 elektronos szabály.



A  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  megvilágítása során lejátszódó reakció:



A 9 karbonil csoportból 3 db kerülhetett híd helyzetbe. Így csak akkor teljesül a szabály, ha a két vasatom között kötés is van:  $18 = 8 + 3 \times 2 + 3 \times 1 + 1$ .



A dikobalt-oktakarbonil és a NO reakciójában keletkező anyagokra is áll a 18 elektronos szabály. Minthogy a nitrozil ligandum páratlan számú elektron képes donálni, nem szükséges már a fém-fém kapcsolat



**HO8. d)** A számítás szempontjából fontos kalciumtartalmú anyagok koncentrációjára a következő 3 egyenlet írható fel:

$$L = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] \Rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = \frac{L}{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}$$

$$K_{f1} = \frac{[\text{CaC}_2\text{O}_4]}{[\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]} \Rightarrow [\text{CaC}_2\text{O}_4] = LK_{f1}$$

$$K_{f2} = \frac{[\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4)_2^{2-}]}{[\text{CaC}_2\text{O}_4][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]} \Rightarrow [\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4)_2^{2-}] = LK_{f1}K_{f2}[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$$

A leválasztás akkor a legjobb, ha ezen 3 koncentráció összege a legkisebb. Az oxalát-koncentráció függvényében változó összeg deriváltja nulla lesz a minimum helyén:

$$\frac{dc_{\text{Ca}}}{d[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]} = -\frac{L}{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]^2} + LK_{f1}K_{f2} = 0 \Rightarrow [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]_{\min}^2 = \sqrt{K_{f1}K_{f2}} = 0,01 \text{ M}$$

A  $[\text{Ca}^{2+}] = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ M}$  ekkor, a  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4)_2^{2-}]$  szintén ugyanennyi. Az oldatban levő  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  koncentrációja állandó,  $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ . Tehát

$$c_{\text{Ca}} = 1,56 \cdot 10^{-5} \text{ M}.$$

e) Ha minden egyensúlyt figyelembe veszünk, akkor 8 különféle ion és molekula koncentrációját kell kiszámítani. Ehhez felírható négy egyensúlyi állandó, az oldhatósági szorzat és a vízionszorzat, az oldat elektroneutralitása. A nyolcadik egyenlet azt mondja ki, hogy az oldott kalcium és oxalát mennyisége megegyezik.

A nyolcismeretlenes egyenletrendszer csak iterációval, vagy számítógéppel oldható meg, de számos elhanyagolás nyugodtan végezhető. Eltekinthetünk a kalcium oxalátkomplexeinek képződésétől és az oxalát ionok második protonálódási lépésétől is. Hisz a szabad oxálsav koncentrációja is nagyon kicsi lesz. Ebben az esetben ötismeretlenes egyenletrendszer marad, aminek a megoldása sem triviális. A feladat tajvani szerzői ezt adták meg megoldásukban.

További közelítés is lehetséges, ha az oxalát oldódását és hidrolízisét két független folyamatnak tételezzük fel. A nagyon híg oldatban állandónak tekinthetjük az oldhatóságot:

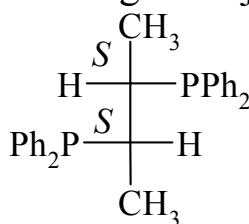
$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = \sqrt{L} = 1,14 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

Így már csak három ismeretlen koncentrációval kell számolni. Az oxalátionok hidrolíziséből és a víz disszociációjából is keletkeznek hidroxidionok:  $[\text{OH}^-] = [\text{H}^+] + [\text{HC}_2\text{O}_4^-]$ .

A vízionszorzat és az oxalát protonálódási egyensúlyának állandója adja a további szükséges két egyenletet.

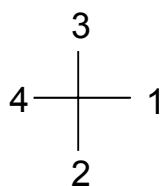
A  $[\text{H}^+] = 5,68 \cdot 10^{-8} \text{ M}$  másodfokú egyenlet megoldásaként adódik, tehát a telített  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  oldat pH-ja 7,25. Ez 0,1%-nál kisebb eltéréssel (messze a megadott adatok pontosságán belül) megegyezik a teljes egyenletrendszer megoldásával.

**HO9. a)** A ChiraPhos abszolút konfigurációja:

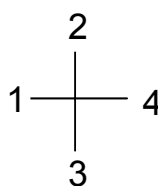


ChiraPhos

Gyakori hiba volt a rossz sorszámozásból adódó konfigurációtévesztés. A fenti molekula helyes sorszámozása:

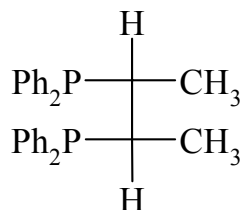
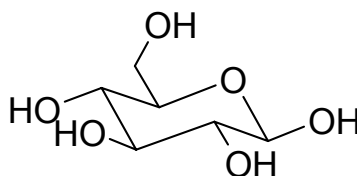


1. kiralitáscentrum



2. kiralitáscentrum .

b)

*mezo*-ChiraPhosc) Egyszerű számítás alapján az  $\alpha$ -anomer mennyisége 36,26% .d) A fenti eredmény alapján vizes oldatban a  $\beta$ -anomer a stabilabb.e) A  $\beta$ -anomer szék konformációja:

f) Az *ee* definíciója a következő: ha  $[R] > [S]$ ;  $ee = ([R] - [S]) / ([R] + [S]) \cdot 100\%$ . (Fordított koncentrációviszony esetén a számlálóban a tagok felcserélődnek). A fenti képletből könnyen számolható az enantiomerarány, ami **99**.

g) Mivel racém elegyet kapunk, az *ee* **0%**-os lesz.

Varga Szilárd

## A pontverseny eredményei

A KÖKÉL haladó pontversenyének 20 feladata ebben a tanévben összesen 203,5 pontot ért. A feladatok egységesen 10 pontosak voltak a **H30** kivételével.

A kijavított dolgozatokat visszajuttattuk a versenyzők részére. A javításban a feladatkitűzőkön felül részt vett Kovács Erika, az ELTE kémia tanárszakos hallgatója (a **H14, H15, H17, H20, H23, H26** és **H27** jelű feladatokat javította). A **H24** és a **H25** javítása során a valódi pontszám felét tüntettük fel a javított lapokon.

Örömünkre szolgált, hogy a pontversenyben résztvevő 35 fő zöme végigdolgozta mind a négy fordulót. A KÖKÉL haladó feladatsorának végeredményéből a 66 százalék feletti teljesítményt elérő 12 diák eredményeit tesszük közzé:

**Bazsó Gábor**, Versegly Ferenc Gimnázium, Törökszentmiklós, tanára:  
Pogányiné Balázs Zsuzsanna, 179,9 pont

**Váradai Zoltán**, Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest, tanára: Elekné Becz Beatrix, 179,3 pont

**Széchenyi Gábor**, Versegly Ferenc Gimnázium, Szolnok, tanára:  
Pogányiné Balázs Zsuzsanna, 176,75 pont

**Cserép Gergely**, Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest, tanára: Elekné Becz Beatrix, 171,55 pont

**Bellér Gábor**, Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen, tanára: Hotliné Pócsi Anikó, 171,25 pont

**Herner András**, Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár, tanára: Dr. Miklós Endréné, 162,35 pont

**Nagy Péter**, Versegly Ferenc Gimnázium, Szolnok, tanára: Pogányiné Balázs Zsuzsanna, 161,4 pont

**Halász Gábor**, ELTE Radnóti Miklós Gimnázium, Budapest, tanára: Albert Viktor, 160,25 pont

**Sólyom Zsófia**, ELTE Radnóti Miklós Gimnázium, Budapest, tanára: Berek László, 159,4 pont

**Parázsó János**, ELTE Radnóti Miklós Gimnázium, Budapest, tanára:  
Paulovits Ferenc, 145,1 pont

**Szabó Máté Zoltán**, ELTE Apáczai Csere János Gimnázium, Budapest,  
tanára: Czirók Ede, 141,05 pont

**Lorántfy Bettina**, Táncsics Mihály Gimnázium, Dabas, tanára: Baranyi  
Ilona, 133,55 pont

Teljesítményüket a KÖKÉL egy éves előfizetésével jutalmazzuk. Az első három helyezett munkáját könyvjutalommal honoráljuk. Gratulálunk az összes megoldónak és tanáraiknak! Köszönjük a közös munkát!

A kémia diákolimpiára való válogatásban és felkészítésben a **H** és a **HO** feladatok együttes pontversenye számított. Ebben az összesítésben is ugyanez a 12 diák szerepelt az élen, csak más sorrendben. A pontos eredmény a diákolimpia honlapján: <http://olimpia.chem.elte.hu> érhető el. Őket meghívtuk a magyar csapatot válogató és felkészítő táborba. Lapzártakor nyolcan már a válogató második fordulójába is bejutottak.