

GONDOLKODÓ



Feladatok

Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Zagyi Péter

A megoldásokat 2022. április 7-ig lehet a kokel.mke.org.hu honlapon keresztül feltölteni, vagy postára adás után regisztrálni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük. A postacím:

KÖKÉL Gondolkodó

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A **K** feladatsorra beküldött megoldásokból a legjobb 5 feladatot számítjuk csak be fordulónként. A 11-12. évfolyamos diákok esetében a nehezebb (csillagozott) példák mindenképp bekerülnek az 5 közé.

K420. *Válassz ki öt kémiai elemet: **A, B, C, D** és **E**, és írd fel 15 olyan létező reakciót, amelyben az alábbi feltételeknek megfelelően szerepelnek!*

- Öt olyan reakcióegyenlet, amelyek mindegyikében mind az öt **A, B, C, D** és **E** elem szerepel;
- Négy reakcióegyenlet, amelyek mindegyikében **A, B, C,** és **D** elem egyaránt szerepel;
- Három reakcióegyenlet, amelyek mindegyikében **A, B** és **C** elem egyaránt szerepel.
- Két reakcióegyenlet, amelyekben **A** és **B** elem is szerepel.

- Egy reakcióegyenlet, amelyben kizárólag az **A** elem szerepel, más anyag egyáltalán nem.

A már felírtakkal ellentétes irányú reakciót nem vesszük figyelembe.

(ukrán feladat)

K421. A táblázat a BaO oldhatóságát adja meg:

Hőmérséklet, °C	0	20	50	80
Oldhatóság, g/100 g víz	1,5	3,84	11,75	90,8

Lehűtve a 80 °C-on telített oldatot, csak az **X** anyag válik ki (43,49 tömegszázalék Ba, 50,79 tömegszázalék O).

- Mi az X? Add meg a Ba(OH)₂ oldhatóságát ezeken a hőmérsékleteken!*
- Hány gramm X válik le, amikor 100 g 70 °C-on telített bárium-hidroxid-oldatot 10 °C-ra hűtenek?*

A Ba(OH)₂ oldhatóságáról feltételezhető, hogy a hőmérséklettel egyenes arányban változik két adatpont között.

(ukrán feladat)

K422. Az **A** szerves vegyület színtelen, alacsony olvadáspontú (33 °C) szilárd anyag. A vizsgálatok szerint a molekulájában hattagú aromás gyűrű, valamint egyetlen oxigénatom található (más heteroatom nincs benne). Az elemanalízis 11,92 m/m% oxigéntartalmat mutat.

A brómos vizet addíciós reakcióban elszínteleníti. A vizsgált vegyületnek van egy sztereoizomerje is.

- Mi lehet az A vegyület konstitúciója? Rajzold fel azokat a szerkezeteket, amelyek megfelelnek az eddigi információknak!*
- Ezek közül melyiket (melyeket) zárhatjuk ki, ha tudjuk, hogy az a bizonyos sztereoizomer szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú?*

Az **A** vegyület katalitikus oxidációja során (láncasadás nélkül) nagy szelektivitással a **B** vegyület képződik, melynek oxigéntartalma 12,10 m/m%.

Ebből további oxidációval (szintén lánchasadás nélkül) kapjuk a **C** vegyületet, amely 21,60 m/m% oxigént tartalmaz. A **B** és **C** vegyületek is képesek brómaddícióra, és molekulájukban ugyanúgy megtalálható az aromás gyűrű, mint az **A** molekulában.

e) Rajzold fel A, B és C konstitúcióját!

(Borbás Réka, Zagyi Péter)

K423. A kémia szakkörösök azt a feladatot kapták a tanáruktól, hogy egy üvegben lévő kékeszöld színű kristály összetételét határozzák meg. Anynyit tudnak, hogy egy tiszta vegyület kristálya van az üvegben. A meghatározást azzal kezdték, hogy a só 3,526 grammjából mérőlombikban 250,0 cm³ oldatot készítettek. Majd ezzel a törzsoldattal kísérleteztek tovább.

Kati az oldat kis részleteihez először kén-hidrogénes vizet adott, és barnásfekete csapadék vált le. Ezután egy újabb mintához 2 mol/dm³ koncentrációjú sósavat adott, nem tapasztalt változást, de 0,5 mol/dm³ koncentrációjú KI-oldattal barna színnel színezett csapadék jelent meg.

Ani ezüst-nitrát-oldatot adott a törzsoldat kis mintájához, és fehér csapadék leválását tapasztalta. Ezen megbátorodva Miklós a törzsoldat 10,00 cm³-es részleteit AgNO₃-mérőoldattal (melynek töménysége 0,100 mol/dm³) K₂CrO₄ indikátor mellett megtitrálta, és az átlagfogyás 16,55 cm³ volt.

Természetesen már sejtették, hogy milyen ionvegyületet tartalmaz az üveg, de sejtésüket számítással is alá akarták támasztani. Ha a titrálás eredményéből számoltak vissza, akkor nem kapták vissza a teljes tömeget. Így egy kémcsőben a kékeszöld kristály egy kis mennyiségét melegítették, és azt tapasztalták, hogy színe sárgásbarnává változott, és a kémcső falán pára képződött. Szárítószekrényben 110 °C-on hosszan melegítették 4,583 g zöld kristályt, majd így kaptak 3,614 g sárgásbarna szilárd anyagot. Ebből készítettek ismét 250,0 cm³ oldatot, és megismélték a korábbi vizsgálatokat. Minden kísérlet kimenetele azonos volt, csak most az ezüst-nitrát-oldatból 21,50 cm³ fogyott.

Írd fel a végbemenő folyamatok egyenletét, és számítással add meg a vizsgált kristályos anyag képletét!

(Borbás Réka)

K424. Egy kísérlethez kalcium-nitrátra lett volna szükségünk, de azt találtuk, hogy a laborban lévő üvegben, amely eredetileg 25,0 gramm $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -t tartalmazott, a só teljesen elfolyósodott, már nem is volt az üvegben szilárd anyag. Utánanéztünk, hogy $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on 53,1% relatív páratartalom fölött elfolyósodik a kalcium-nitrát-tetrahidrát kristály. A vízmentes kalcium-nitrát oldhatósága $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on 139 g /100 g víz.

a) *Legalább mekkora tömegű vizet kötött meg az üveg tartalma?*

Az üveg tartalmát addig melegítjük $120\text{ }^\circ\text{C}$ -on, amíg teljes víztartalmát el nem veszti.

b) *Mekkora térfogatú 100%-os relatív páratartalmú $20\text{ }^\circ\text{C}$ -os levegőben kellene elhelyezni az így kapott vízmentes sót, hogy az edény végül tetrahidrát kristályokat és 53,1% relatív páratartalmú levegőt tartalmazzon egyensúlyi állapotban?*

$20\text{ }^\circ\text{C}$ -on, 101 kPa nyomáson 1 m^3 levegőben 100% relatív páratartalom esetén 17 g víz van.

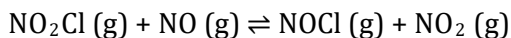
(Borbás Réka)

K425*. 2,30 g dolomit hevítése során 560 ml keletkezett az **A** gázból (normál állapotban, sűrűsége 1,964 g/l). A visszamaradó **B** két szilárd vegyület keveréke. Ezt szén feleslegével igen magas hőmérséklete hevítve, majd a terméket vízzel kezelve három fázis keletkezett: 0,42 l normál állapotú **C** gázkeverék (hidrogénhez viszonyított relatív sűrűsége 15,33), szilárd anyag, amiből levegőn kihevítés után 0,50 g tömegű **D** csapadék marad vissza, és az 1500 ml térfogatú **E** oldat. Az oldat 25,00 ml-ét 0,020 M sósavoldattal titrálva 20,80 ml fogyott.

*Mik voltak a betűvel jelölt anyagok? Írd fel a lejártszódó reakciók egyenletét! Mi volt a **C** gázkeverék összetétele?*

(ukrán feladat)

K426*. A nitril-klorid (NO_2Cl) és a nitrozil-klorid (NOCl) közötti egyensúlyt tanulmányozva azt találták, hogy a



folyamat egyensúlyi állandója 298 K -en $1,12 \cdot 10^4$, 340 K -en pedig $4,68 \cdot 10^3$.

Összekeverünk egy 1,00 dm³-es tartályban 16,3 g nitril-kloridot, és 6,00 g nitrogén-monoxidot, majd 340 K-re melegítjük a tartályt, és megvárjuk, míg beáll az egyensúly.

- a) *Mi lesz az egyensúlyi nyomás a tartályban?*
 b) *Mi az egyes vegyületek egyensúlyi koncentrációja? Hány százaléka alakul át a nitril-kloridnak?*

A tartályt lehűtjük 298 K-re.

- c) *Hogyan változik a nyomás a tartályban?*
 d) *A nitrozil-klorid forráspontja -6°C. Merre tolódna el az egyensúly, ha a hőmérsékletet -6°C-ra csökkentenénk?*

Alacsonyabb hőmérsékleten a nitrogén-dioxid dimerizációja jelentősebb mértékű, 298 K-en a folyamat egyensúlyi állandója 1,00.

- e) *Milyen hatással van a nitril-klorid átalakulásának egyensúlyára a dimerizáció?*

(Borbás Réka)

K427*. A kripton több radioaktív izotóppal is rendelkezik. A 81-es tömegszámú a kozmikus sugárzás során keletkezik, béta-bomlással bomlik, felezési ideje 229000 év. A 76-os és 79-es tömegszámú izotópok felezési ideje 14, illetve 35 óra, a 85-ösé 10,75 év, de a többi instabil izotóp a másodperc tört része, vagy néhány másodperc, perc felezési idővel rendelkezik.

A kripton-85 uránból és plutóniumból keletkezik atomfegyverekben és atomreaktorokban a maghasadás során, bár kozmikus sugárzás során is termelődik. Tovább béta-bomlással alakul.

- a) *Írd fel a ⁸⁵Kr béta-bomlásának egyenletét!*

Jelenleg a légkörben levő Kr atomok 10⁻¹⁴ része ⁸⁵Kr, ami a nukleáris be rendezések használatával emelkedett meg erre a szintre. Ezért az Északi-sark közelében 30%-kal nagyobb a koncentrációja, mint a Déli-sarknál. A kripton a levegő 0,000114%-át alkotja.

A radioaktív anyagok aktivitása azt adja meg, hogy egységnyi idő alatt hány bomlás történik. Az aktivitás (*A*) az alábbi képlettel számítható:

$$A = N(\text{izotóp}) \frac{0,693}{t_{1/2}}$$

ahol $t_{1/2}$ a másodpercben kifejezett felezési idő, N a radioaktív atomok száma.

b) *Hány kripton-85 atom bomlik el 1,00 m³ levegőben egy óra alatt?*

(Borbás Réka)

H366. Ha egy folyadékfelület görbült, akkor a párolgási folyamatok eltérnek a sík felület esetében tapasztalhatótól. A telített gőznyomásokban megfigyelhető különbséget a Kelvin-egyenlet írja le:

$$\ln \frac{p}{p_0} = \frac{2\sigma M}{\rho R T r}$$

Itt p és p_0 a görbült és a síkfelület telített gőznyomása. A folyadék felületi feszültsége, moláris tömege és sűrűsége σ , M és ρ . R és T pedig a gázállandó és a hőmérséklet. A felület görbületét r jelöli, mégpedig domború esetben pozitív, homorú esetben negatív előjellel.

A bután-1-olt 273 K hőmérsékleten vizsgálva felületi feszültsége 26,1 mN/m, sűrűsége 0,81 g/cm³. Úgy találták, hogy kondenzációs göcök nélkül akkor kezdtek el cseppek kondenzálódni, ha a p/p_0 túltelítettség elérte a 4-et.

a) *Mi volt a cseppek átlagos sugara? Hány molekula jut egy csepre?*

Magát a telített gőznyomást a Clausius–Clapeyron-egyenlet segítségével lehet megbecsülni. Ez az egyenlet a telített gőznyomás hőmérsékletfüggését adja meg:

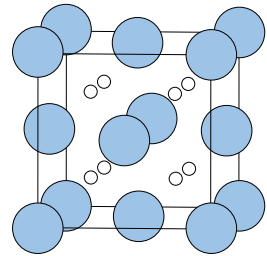
$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{-\Delta_p H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Itt p_1 és p_2 a T_1 és T_2 hőmérsékleten mérhető telített gőznyomás, $\Delta_p H$ pedig a folyadék moláris párolgáshője, a bután-1-ol esetében 50,1 kJ/mol. A bután-1-ol forráspontja 117,5 °C standard légköri nyomáson.

b) *Mekkora volt a bután-1-ol parciális nyomása az előző kísérletben, amikor elkezdődött a kondenzáció?*

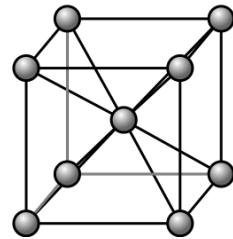
(kínai feladat)

H367. Az AgI γ módosulatának kristályát tekintetjük úgy, hogy benne a jodidionok (nagy kék gömbök az ábrán) lapcentrált köbös elrendeződést vesznek fel, és az ezüstionok a jodidionok közti tetraéderes koordinációt biztosító üregek (átlátszó kis gömbök) felét töltik ki. A kristály ismétlődő egységének (köbös, azaz kockaforma elemi cellájának) élhossza 647,3 pm.



a) *Mekkora a γ -AgI kristályban az Ag-I távolság? Mekkora a kristály sűrűsége?*

Az AgI α módosulata 147 °C felett stabil, és szokatlanul jól vezeti az elektromos áramot. Ez úgy magyarázható, hogy a kristályban a jodidionok tércentrált köbös elrendeződést (ld. ábra) vesznek fel, amelyben a kisméretű ezüstionok számos lehetséges üregben elférnek, és ezek között gyakorlatilag szabadon mozoghatnak. A köbös elemi cella élhossza 504 pm.



b) *Mekkora az α módosulat sűrűsége?*

(kínai feladat)

H368. Az üvegházhatású szén-dioxid megkötése, illetve dúsítása igen csak fontos probléma. Elektrokémiai redukcióval szobahőmérsékleten és légköri nyomáson lehetne belőle jól tárolható energiahordozókat gyártani nap- vagy szélenergiával. Ilyenkor az elektrolizáló cella katalizátoros katódján történik a redukció, az anódon pedig vízbontásból oxigén fejlődik.

Réztartalmú katalizátor jelenlétében enyhén bázisos KHCO_3 -oldatban pl. etilén generálható. Más termékek is keletkeznek ilyenkor, és a termékelegyet általában gázkromatográfiával elemzik. Egy kísérletben a 10,0 mA árammal 1,00 órán át elektrolizálva 90,0 cm³ gázelegyet kaptak, aminek etiléntartalma 0,519 térfogatszázalék volt 0 °C-on és 101325 Pa nyomáson.

a) *Mi volt a redukció Faraday-hatásfoka, azaz az áram hányad része fordítódott a termék előállítására? Óránként hány mg etilén keletkezett?*

A szén-dioxid egyszerűen felületi adszorpcióval is dúsítható. Aktív szén felületén a CO₂ adszorpcióját kielégítően leírja a Langmuir adszorpciós izoterma, ami azt tételezi fel, hogy a megkötött gázcseppcsek egyszerűen egy rétegben beborítják a felületet.

$$\theta = \frac{V}{V_m} = \frac{\alpha P}{1 + \alpha P}$$

Itt θ az úgynevezett borítottság, az épp adszorbeált gázmennyiség térfogatának és a maximális telítettség esetén megkötött gáz térfogatának hányadosa. P a gáz parciális nyomása; α az adszorpció egyensúlyi állandója.

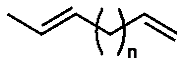
Egy szén adszorbenssel 298 K-en végezve kísérleteket azt találták, hogy 5,2 kPa és 13,5 kPa CO₂ parciális nyomás esetén az egyensúly beállta után 69,2 dm³/kg, illetve 82,6 dm³/kg volt a megkötött gáz fajlagos térfogata.

b) *Mennyi a telített adszorbens fajlagos adszorpciós kapacitása, azaz legfeljebb mekkora térfogatú gázt tud megkötni 1 kg aktív szén? Ha tudjuk, hogy egy CO₂ molekula 0,32 nm² területet foglal el, akkor mi az aktív szén fajlagos felülete?*

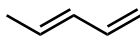
(kínai feladat)

H369. A két darab szén-szén kettős kötést tartalmazó szerves vegyületeket nevezük diéneknek. Ezen kettős kötések elhelyezkedése alapján három nagy csoportba soroljuk az ilyen típusú vegyületeket:

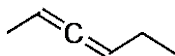
(a) izolált diének, amikor a két darab szén-szén kettős kötést legalább egy sp³ konfigurációjú szén választja el;



(b) konjugált diének, amikor a kettős kötések alkotó négy darab sp² hibridállapotú szén közvetlenül kapcsolódik;

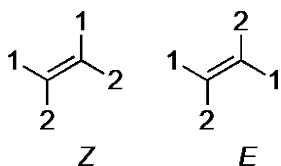


(c) kumulált diének vagy allének, amikor három darab sp² hibridállapotú szén alkotja a két darab szén-szén kettős kötést.

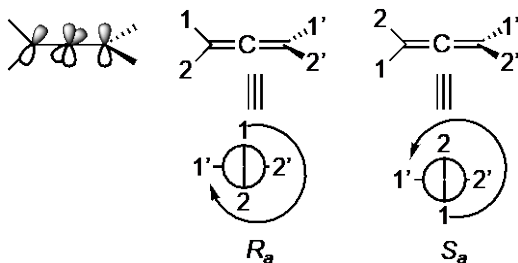


A következőben ezen vegyületek sztereokémiájával fogunk foglalkozni.

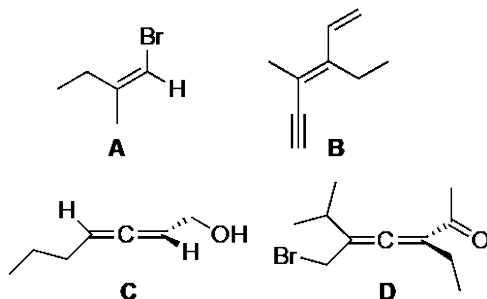
Az izolált és konjugált diének esetében, az alkéneknél is használt E/Z nevezéktant használjuk a kettős kötés geometriájának jellemzéséhez. Ehhez az egy szénhez kapcsolódó atomokat/csoportokat sorszámozzuk a CIP konvenció alapján (lásd KÖKÉL 2004/4. szám, Szabó András: Optikai izoméria). Ha az azonos sorszámú ligandumok ugyanazon az oldalon vannak, akkor *Z* a konfiguráció, ha különbözőn akkor *E*.



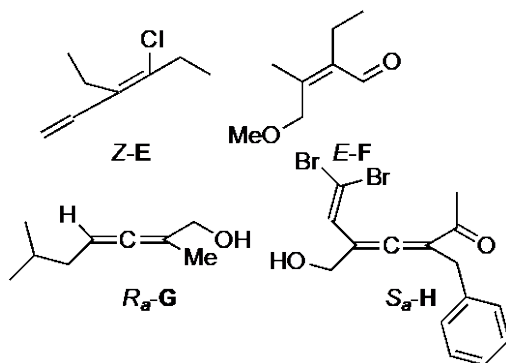
Az allének speciális kötésrendszerük miatt, nem geometriai izomériát mutatnak, hanem királis vegyületek lehetnek. Ehhez az szükséges, hogy az allén részlet végein található szénatomhoz 2-2 különböző atom vagy csoport kapcsolódjon. Az abszolút konfiguráció megadásához az egy szénhez kapcsolódó ligandumokat ebben az esetben is a CIP konvenció alapján sorszámozzuk és az alábbi módon állapítjuk meg a körüljárási irányokat. Ezek alapján használjuk az S_a és R_a deszkriptorokat az abszolút konfiguráció jelölésére.



a) Add meg az alábbi vegyületek abszolút konfigurációját!



b) Rajzold fel a következő vegyületekből a jelölésük mellett látható deskriptornak megfelelő térszerkezetet!



c) A három, illetve a négy kettős kötésből álló kumulénekre a geometriai izoméria vagy a kiralitás jellemző-e?

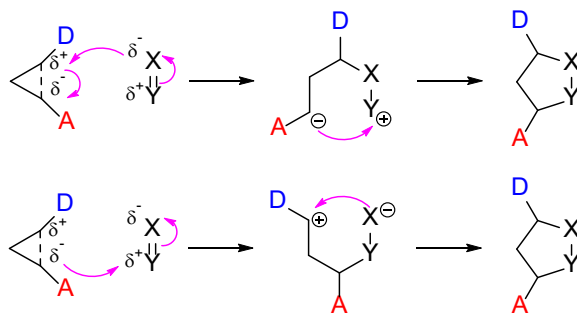
(Varga Szilárd)

H370. A ciklopropán egy feszült gyűrűs vegyület, ami kiemelkedően reaktív. Az egy CH_2 egységre jutó égéshő a ciklopropánban 697,1 kJ/mol, míg a ciklohexánban 658,6 kJ/mol.

a) Melyik vegyület a stabilabb ez alapján? Milyen hatásokkal magyarázható ez a nagyfokú különbség?

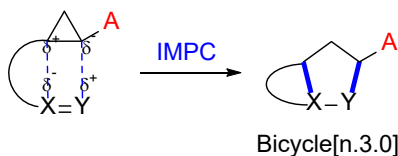
Ha a ciklopropánt elektronszívó szubsztituensekkel látjuk el (pl. észtercsoport), akkor könnyen vihető olyan reakciókba, amelyekben formálisan felnyílt, 1,3-ikerionos formában reagál a ciklopropán. Ha egy poláris

kettős kötés is jelen van, azzal cikloaddícióba léphet. Ez a következőképpen képzelhető el (a D elektronküldő-, míg az A elektronszívó-csoportot jelölnek):

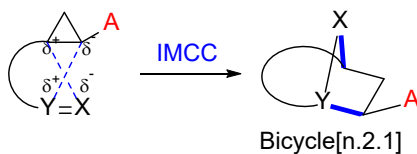


Ha a ciklopropán és a reagáló poláris kettős kötés egy molekulán belül helyezkedik el, akkor két különböző úton játszódhat le a folyamat, attól függően, hogy a kettős kötés melyik része pozitívan, illetve negatívan polározott. Az egyik utat Intramolekuláris párhuzamos cikloaddíciónak (IMPC), míg a másikat intramolekuláris kereszt-cikloaddíciónak (IMCC) nevezik.

Intramolekuláris Párhuzamos-Cikloaddíció (IMPC)

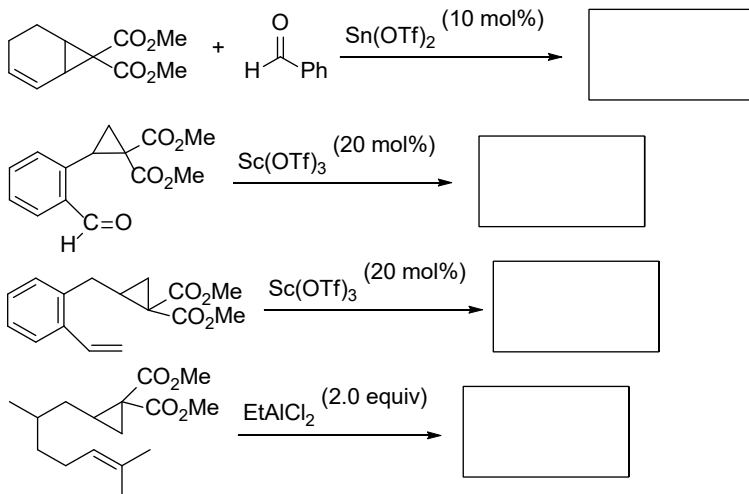


Intramolekuláris Kereszt-Cikloaddíció (IMCC)



Ezek a ciklopropán felfnyílással lejátszódó cikloaddíciók általában Lewis-sav katalízissal játszódik le.

b) A következő átalakításokban milyen termék(ek) keletkezhetnek? A sztereokémiát nem kell jelölni!



(Varga Szilárd kínai feladat alapján)

Megoldások

K396. 22 elektronos részecskék a titánatommal izoelektronosak, például: Ti , V^+ , Cr^{2+} , Mn^{3+} , Na_2 , HCP , H_3CCH , H_2CCCH_2 , N_2O , CNO^- , NO_2^+ , CO_2 , N_3^- , C_3H_5^+ , H_2CCO , HN_3 , H_2CN_2 , PN

23 elektronnal: V , Mn^{2+} , Fe^{3+} , NO_2

24 elektronnal: Cr , Fe^{2+} , Co^{3+} , B_3H_8^- , HNO_2 , HCOO^- , HCOOH , NO_2^- , HCONH_2 , H_2SiCH_2 , $[\text{HCO-NH}_3]^+$, C_3H_5^- , CH_3NO , CH_3CHO , CH_2CHOH , CH_2CHO^- , NOF , SO

A dőlt betűs részecskék instabilak, némelyiket csak oldatban vagy gáz-fázisban állították elő.

Nem volt elvárás minden részecske megtalálása, mivel ezek jelentős része túlmutat a gimnáziumi anyagon. Ehelyett a legtöbb megoldást bemutató eredményéhez képest arányosan kaptak pontot a többiek. Továbbá 1 pont levonás járt minden kémiailag nem reális megoldásért, nem ideértve az ionvegyületeket (ezeket egyszerűen nem kérte a feladat). Hasonlóan nem számítottak bele a megoldásba az extrém magas és extrém alacsony oxidációs számú fémionok, mert ezek jellemzően nem önálló ionként

léteznek, hanem komplexált formában. A legtöbb jó megoldást (24) Tóth Petra Lili gyűjtötte össze.

(Forman Ferenc)

K397. A periódusos rendszer 118 eleme közül 14 van, amelyeknek egy betű a vegyjele: H, B, C, N, O, F, P, S, K, V, Y, I, W, U. Az elméletileg lehetséges $2^{14} = 16384$ vegületből többek között az alábbiak ismertek:

BFO, BN, BP, CO, COS, FI, FSCN HCN, HF, HI, HNCO, HNCS, HOCN, HOI, HSCN, IOCN, ISCN, KCN, KF, KH, KI, KOCN, KOH, KSCN, NO, NOF, PN, UC, UN, UP, US, VC, VN, VO, WC, YO, YOF, YP.

Ezen felül számos ion is elképzelhető, pl.: OH⁻, SCN⁻, I⁻, H⁻

Ezek az ionok azonban a vegyületeik révén felsorolásra kerültek az előző listában is, így nem értek külön pontot, ahogy deutérium- és tríciumvegyületek sem. A HCOOH-t és hasonlókat nem fogadtam el, mert ez esetben bármely vegyület felírható lenne számok nélkül.

A feladat nyílt jellege miatt közel korlátlan megoldás elképzelhető, ezért a K396-hoz hasonlóan a legtöbb megoldást bemutató eredményéhez képest arányosan kaptak pontot a többiek. A legtöbb jó megoldást Sajósi Benedek és Viczkó Csaba (30-30) gyűjtötte össze.

(Forman Ferenc)

K398. a) Pl. Biokompatibilitás, korrózióállóság, merevség.

b) A vanádium moláris tömege 51 g/mol, 23 mmol V tömege tehát 1173 mg, ami az ötvözet 4%-a. Vagyis az implantátum tömege 29,32 g.

c) Az ötvözet V-tartalma $100\% - 2 \cdot 23\% = 54\%$, azaz a 23 mmol (1173 mg) vanádium 2172 mg ötvözetben van, aminek az anyagmennyisége 52 mmol. Mivel ez nem 23, a feladatban ismertetett kombináció nem lehetséges.

d) A feladat túlhatározott, mivel bármely három paraméter ismeretében ki lehet számolni a másik kettőt. Egyik fém anyagmennyisége se lehet 23 mmol, mert ez esetben mind az össztömeg, mind az összes moláris tömeg nagyobb lesz 23-nál. Attól függően, hogy melyik paraméter (tömeg (m), anyagmennyiség százalék ($n/n\%$), tömegszázalék (w) melyik fémet jellemzi, 24 lehetséges ötvözet van, amiknek az anyagmennyiségét és a

tömegét az alábbi táblázatok foglalják össze. (Amikor csak a tömeg- és anyagmennyiségsszázalékok szerepelnek, nem létezik megoldás.)

V	Al	Ti	Σm (mg)	Σn (mmol)
$n/n\%$	$n/n\%$	m	38,92	0,887
$n/n\%$	m	$n/n\%$	58,92	1,58
m	$n/n\%$	$n/n\%$	37,40	0,835
$n/n\%$	m	w	51,61	1,43
$n/n\%$	w	m	47,36	1,15
m	$n/n\%$	w	36,42	0,812
w	$n/n\%$	m	36,62	0,837
m	w	$n/n\%$	45,48	1,08
w	m	$n/n\%$	41,79	0,830
$n/n\%$	m	m	66,28	1,73
m	$n/n\%$	m	53,50	1,21
m	m	$n/n\%$	64,68	1,69
w	w	m	38,92	0,887
w	m	w	58,92	1,58
m	w	w	37,40	0,835
m	m	w	59,74	1,59
m	w	m	59,74	1,44
w	m	m	59,74	1,60

Látható, hogy egyik esetben sem 23 sem az ötvözet tömege, sem pedig az anyagmennyisége, tehát nincs megoldás a feladatra.

e) A fenti 24 példán kívül minden olyan ötvözet is létezik, ahol az ötvözet anyagmennyisége 23 mmol, és az egyes fémek tömege, anyagmennyiség- illetve tömegszázalék értékeiből kettő 23 mg, vagy 23%.

A feladatnak főleg a d) része volt elrettentő, ám Sajósi Benedek, Szabó Márton és Viczián Dániel így is maximális pontszámot értek el.

(Forman Ferenc)

K398. a) Az egyes fémek koncentrációját (c_i) a mért koncentráció (c_1) és a vakpróbaként (c_0) mért koncentráció különbsége adja meg:

$$c_0 = c_1 - c_0$$

A kioldódott fémek tömegét (m), az anyagmennyiségük (n) és az egyes fémek moláris tömegének (M) alapján, az oldat térfogatának (V) segítségével határozhatjuk meg:

$$n = c_i \cdot V$$

$$m = n \cdot M = M \cdot c_i \cdot V = M \cdot V \cdot (c_1 - c_0)$$

A fémek korrózióállóságát a felüleltre vetített kioldódó fémrel (x), jellemzik, amit a kioldódó tömeg és a szubsztrát felületének (A) hányadosaként lehet kiszámolni:

$$x = \frac{m}{A} = \frac{M \cdot V \cdot (c_1 - c_0)}{A}$$

b) Legkevesebb fém a Ti – 15Zr – 4Nb – 4Ta ötvözetből oldódott ki, így ez tekinthető a legkorrózióállóbbnak.

c) A fenti számítást visszafelé elvégezve látjuk, hogy a kioldódó fém anyagmennyisége:

$$n = \frac{x \cdot A}{M}$$

tehát a kioldódó Ti, Al és Nb anyagmennyisége rendre 0,59 μmol , 0,077 μmol és 0,0237 μmol , összesen 0,6907 μmol , ami $4,144 \cdot 10^{17}$ atomot jelent, azaz másodpercenként $6,852 \cdot 10^{11}$.

d) A tárgy tömege $23 \text{ mg}/0,04 = 575 \text{ mg}$, azaz térfogata $m/\rho = 0,1278 \text{ cm}^3$, a kocka élhossza $a = \sqrt[3]{127,8 \text{ cm}^3} = 0,5037 \text{ cm}$, a felülete $A = 6a^2 = 1,52 \text{ cm}^2$. 52 hét alatt $m = 52 \cdot x \cdot A = 4,749 \text{ mg}$ vanádium oldódik ki, ami a teljes mennyiség 0,206%-a.

A feladat jól sikerült a versenyzők többségének, hibátlan megoldást adott be Hegedűs Márton, Csaba Dávid és a Két komponens.

(Forman Ferenc)

K400. a) Többek között karbamid, húgysav, guanin.

b) NCl_3 , NH_2Cl , CHCl_3 , CH_2ClNO_2 , CHCl_2NO_2 , CCl_3NO_2

c) Az aceszulfám-K (AceK) elterjedt mesterséges édesítőszer, ami az élelmiszerek széles körében használatos, ezért gyakorlatilag minden ember szervezetében megtalálható. Mivel jól oldódik vízben, és nem bomlik le az emberi szervezetben, ezért változatlan formában és mennyiségben kiürül a vizelettel.

d) Az AceK moláris tömege 201 g/mol, tehát az emberi vizelet mililiterenkénti 2,36 µg édesítőszer-tartalma $1,174 \cdot 10^{-8}$ mmol, tehát $c(\mathbf{A}) = 1,174 \cdot 10^{-5}$ M. A medence 420 m³-e ($4,2 \cdot 10^5$ literje) átlagosan 0,775 nmol/l koncentrációjú, tehát $n = c \cdot V = 3,255 \cdot 10^{-4}$ mol AceK-t tartalmaz. Ezek alapján naponta átlagosan $V(\text{vizelet}) = n(\text{AceK, medencében}) / c(\text{AceK, vizeletben}) = 27,7$ liter vizelet kerül a medencébe.

$$e) \bar{V} = \frac{V}{\bar{N}(\text{ember})} = \frac{27,7}{411} = 0,67 \text{ dl}$$

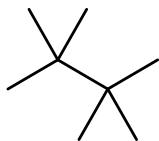
f) Tekintve, hogy egy átlagos vizeletürítés során 2-3 dl folyadék távozik a szervezetből, az emberek 20-30%-a viselkedett a leírt módon.

A feladat jól sikerült a versenyzőknek, mindenki maximális vagy ahhoz közeli pontszámot ért el.

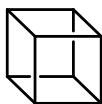
(Forman Ferenc)

K401*. a) Ha megkeressük az elágazásmentes láncú telített szénhidrogének adatait, tény, hogy az oktadekán az első, amelynek olvadáspontja 25 °C felett van. Ám az elágazások, gyűrűk és telítetlenség megengedésével ezt a szénatomszámot le lehet tornázn.

b) A legkisebb szénhidrogén, amelyben csak primer és kvaterner C-atomok találhatóak, a dimetilpropán (neopentán), ennél egyel nagyobb a tetrametilbután. Utóbbi vegyületnek megkeresve az olvadáspontját, valóban azt találjuk, hogy szobahőmérsékleten szilárd, így valószínűleg ez az egyik megoldás. A másik ezek szerint szintén 8 szénatomos. Mind a 8 szénatomot tercierként elhelyezni 3 módon lehet^[1], amelyek közül 2 is (kubán és oktabiszvalén^[2]) szilárd szobahőmérsékleten.



Tetrametilbután



Kubán



Oktabiszvalén

[1] L. R. Smith; *J. Chem. Educ.*, **55**, 9, p. 569 (1978)

[2] C. Rücker; B. Trupp; *J. Am. Chem. Soc.*, **110**, 14, p. 4828 (1988)

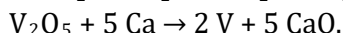
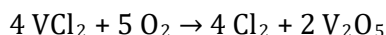
A feladat könnyűnek bizonyult, majdnem mindenki jól megoldotta a b) feladatot. Az a) rész is egyértelmű volt a legtöbbeknek, ám figyeljünk rá,

hogy ne kövessük el válaszdás közben Vendel hibáját újra, az alkánok nem csak az elágazásmentes, nyílt láncú alkánokat jelentik, használjuk a fogalmakat precízen. A harmadik megoldás miatt pedig senki ne szomorodjon, azt csak szakirodalmi utánajárással lehetett megtalálni.

(Szobota András)

K402. a) Legyen a fém-kloridban a fém oxidációs száma n , ekkor a képlete VCl_n . Legyen a fém moláris tömege M g/mol, ekkor a VCl_n moláris tömege $(M + 35,45n)$ g/mol. Az 1 g fém-kloridban található fém anyagmennyisége egyenlő a 0,418 g elemi fém anyagmennyiségével, azaz $1/(M + 35,45n)$ mol = $0,418/M$ mol. Ebből a fém moláris tömegét kifejezve $M = 25,4607n$ g/mol. Tudjuk, hogy az n pozitív egész szám, és megnézzük, hogy van-e olyan n , amelyre a fenti képlet egy létező fém moláris tömegét adja. Ha $n = 2$, akkor $M = 50,92$ g/mol, ami jó közelítéssel a vanádium moláris tömege, tehát a fém-klorid VCl_2 és a kísérlet végén 0,00821 mol vanádiumot kaptunk. A fém-oxidban legyen a fém oxidációs száma m , ekkor a képlet $VO_{m/2}$ és a $(M + 8,00m)$ g/mol = $(50,942 + 8,00m)$ g/mol lesz a moláris tömeg, ahol M helyére a vanádium moláris tömegét írtuk be. A 0,746 g fém-oxidban levő fém anyagmennyisége és az elemi vanádium anyagmennyisége egyenlő, így $0,00821$ mol = $0,746/(M + 8,00m)$ mol, melyből $m = 4,99$, ami közelítőleg 5. Tehát a fém-oxid képlete V_2O_5 .

b) A reakcióegyenletek:



Szinte minden beküldő helyesen megtalálta a vanádiumot. A leggyakoribb hiba az volt (ez néhány beküldőt érint), hogy nem vették figyelembe, hogy nem feltétlenül egyenlő a fém oxidációs száma az oxidban és a kloridban.

(Simkó Irén)

K403. a) Mivel a molekulatömeg csak 24,8%-kal nagyobb az atom tömegénél, tudjuk, hogy egy fématom és pozitív egész számú „oxid”, illetve „hidroxid” van a molekulában, tehát a molekula összegképlete $WO_x(OH)_y$. A képlet alapján a nemfémes rész moláris tömege:

$$M(O + OH) = 16x + 17y$$

Ennek alapján a fém moláris tömege egyenes arányossággal:

$$M(W) = \frac{100\%}{24,8\%} \cdot M(O + OH) = 64,51x + 68,55y$$

Az egyes x-y párokra végigpróbálgatva a fém moláris tömegét az alábbi lehetőségek adódnak:

x	y	oxidációs szám	M(W)	Me
1	1	+3	133,06	Cs
2	1	+5	201,61	Au
1	2	+4	197,57	Hg
2	2	+6	266,12	Lr, Rf, Sg
3	1	+7	262,08	Lr
3	2	+8	330,63	
3	3	+9	399,18	
1	3	+5	270,16	Hs, Db
2	3	+7	334,67	

Az egyes elemek kémiai tulajdonságait figyelembe véve az $\text{SgO}_2(\text{OH})_2$ és a $\text{DbO}(\text{OH})_3$ a reális összegképlet, tehát a **W** fém a lehet a sziborgium (annak 266-os izotópja) vagy a dubnium (annak 270-es tömegszámú izotópja).

b) Mindkét izotóp nem meglepő módon rövid felezési idejű, ami miatt minden velük végzett tevékenység veszélyes, továbbá rendkívül drága, tekintve, hogy más radioaktív izotópokból kell előállítani.

A feladat valóban barátságatlanak bizonyult: mindössze két versenyző – a Két komponens és Viczián Dániel találta meg az egyik helyes megoldást – ez is elegendő volt a maximális pontszámhoz. Néhányan más szupernehéz elemeket találtak megoldásként, ők abba a csapdába futottak bele, hogy az elemeknek az „átlagos” moláris tömegét vizsgálták, tekintet nélkül arra, hogy az adott izotópok léteznek-e és elég hosszú a felezési idejük ahhoz, hogy kémiai tulajdonságokról beszélhessünk.

(Forman Ferenc)

K404. A $2\text{A} = 3\text{B} + \text{C}$ reakcióban keletkezett összesen 4 mol gázelegyre a megadott relatív sűrűség érték alapján felírható, hogy $3\text{ mol} \cdot M_{\text{B}} + 1\text{ mol} \cdot M_{\text{C}} = 4\text{ mol} \cdot 2\text{ g/mol} \cdot 30,125$. Hasonló

összefüggést írhatunk fel az **A** vízzel való reakciója során keletkező gáz-elegyre:

$4 \text{ mol} \cdot M_D + 6 \text{ mol} \cdot M_B + 3 \text{ mol} \cdot M_E = 13 \text{ mol} \cdot 2 \text{ g/mol} \cdot 22,692$. Az így kapott elegyből **D**-t eltávolítva a maradék gáz-elegyre pedig: $6 \text{ mol} \cdot M_B + 3 \text{ mol} \cdot M_E = 9 \text{ mol} \cdot 2 \text{ g/mol} \cdot 29,000$. Az utóbbi két egyenletet egymásból kivonva kapjuk, hogy $4M_D = 68,0 \text{ g/mol}$, vagyis $M_D = 17,0 \text{ g/mol}$. Ez megfelel az ammónia moláris tömegének, amelyre igaz az is, hogy savas oldatban oldódik. Mivel az ammónia az **A** anyagnak vízzel való reakciója során keletkezett, **A** biztosan tartalmaz nitrogént. A bomlás során keletkező **B** és **C** gáz közül **C** gyakorlatilag nem oldódik vizes oldatokban, ez valószínűleg a N_2 . $M_C = 28,0 \text{ g/mol}$ -t behelyettesítve a relatív sűrűsége felírt egyenletbe M_B értékére $71,0 \text{ g/mol}$ -t kapunk. **B** egy bázisos oldatokban elnyelethető gázt jelöl, ez a Cl_2 , míg **A** ezek alapján az NCl_3 . Az $M_B = 71,0 \text{ g/mol}$ értéket a megfelelő egyenletbe helyettesítve M_E értékére $32,0 \text{ g/mol}$ -t kapunk, tehát **E** gáz az O_2 , amely szintén nem oldódik gyakorlatilag vizes oldatokban.

Az egyes betűk tehát a következő anyagokat jelölik: **A**: NCl_3 , **B**: Cl_2 , **C**: N_2 , **D**: NH_3 , **E**: O_2

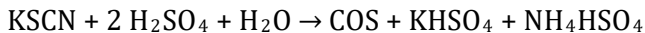
A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 9,8 pont, hibátlan megoldást összesen 11-en küldtek be. Több megoldó a fenti megoldástól eltérően a tömegmaradás törvényét felhasználva kiszámította az A anyag moláris tömegét és ennek segítségével oldotta meg a feladatot.

(Vörös Tamás)

K407. a) A CO_2 anyagmennyisége az egyetemes gáztörvénnyel kiszámolható, $n_1 = pV/RT = 101,005/8,314 \cdot 298 = 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. Ennek tömege $m_1 = 12,2 \text{ mg}$. Vizsgáljuk meg a javasolt töménység két szélsőértékét, ha $c_1 = 3 \text{ mg/dm}^3$ koncentrációjú oldatot szeretnénk előállítani, akkor $V_1 = m_1/c_1 = 4,08 \text{ dm}^3$, ha $c_2 = 12 \text{ mg/dm}^3$, akkor $V_2 = m_1/c_2 = 1,02 \text{ dm}^3$. Tehát az 5 cm^3 -es ampulla $1\text{-}4 \text{ dm}^3$ térfogatú vízhez lenne elég. Egy kényelmes fürdőzéshez számoljunk 120 liter vízzel. Ekkor 120–30-szoros mennyiséget kellene egyben csomagolni, vagyis $600\text{-}150 \text{ cm}^3$ -es ampullában érdemes gondolkodni.

(A megoldást beküldők között voltak zsugoribbak és dőzsölősebbek is, az általuk felhasznált víz mennyisége $50\text{-}800 \text{ liter}$ között változott 😊)

b) A lejátszódó reakció egyenlete:



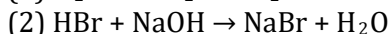
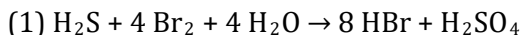
50 cm³ COS anyagmennyisége $n_2 = 2,04 \cdot 10^{-3}$ mol, vele azonos anyagmennyiségű KSCN szükséges kiindulási anyagként, aminek tömege $m_2 = 198$ mg. A szükséges kénsav anyagmennyisége $2n_2 = 4,08 \cdot 10^{-3}$ mol, aminek tömege 0,400 g (35%). A kénsavoldat tömege 1,14 g, térfogata 0,906 cm³.

Hibátlan megoldást küldött be Csaba Dávid és Viczián Dániel.

(Bacsó Zsófia Réka)

K409. a) A feleslegben lévő bróm kiforrálására azért van szükség, mert a bróm oldódik vízben, az oldat savasságát növelné, így torzítaná a mérési eredményt. Mivel nagyobb lenne a fogyás, magasabb kéntartalmat mérnénk. Az indikátor választásánál figyelembe kell venni, hogy erős savat titrálunk erős bázissal, ilyenkor a végpont közelében egy csepp lúg hatására hirtelen ugrik meg a pH. Kb. pH 5-9 között színt váltó indikátorok megfelelő választás lehetnek, úgy, mint a brómtimolkék, fenolftalein.

b) A meghatározás során végbemenő kémiai reakciók:



c) Egy titrálás során a szükséges NaOH anyagmennyisége $n = cV = 0,984 \cdot 9,56 = 9,41$ mmol. Az (1) reakcióegyenletből láthatjuk, hogy 1 mol H₂S reakciójakor 10 mol H⁺ ion keletkezik (ebből 8 mol származik a HBr-ből, 2·1 mol a H₂SO₄-ből). Vagyis a NaOH 20%-a fogy el a kénsavra, ami 1,88 mmol. A (2) reakcióegyenlet szerint ez fele annyi mol kénsavval lép reakcióba, vagyis 0,941 mmol kénsav keletkezett az (1) folyamat során. A kiindulási vízmintában ezzel megegyező anyagmennyiségű H₂S volt megtalálható, aminek tömege $m = 0,941 \cdot 34 = 32,0$ mg. A minta tömegkoncentrációja H₂S-re nézve $c_m = m/V = 32,0/0,1 = 320$ mg/dm³.

Hibátlan megoldást küldött be Csaba Dávid, Csernyák Milán és a Két komponens nevű csapat (Czakó Boróka, Süli Ádám).

(Bacsó Zsófia Réka)

K410. a) Az $1,00 \text{ dm}^3$ -es tartályba bemért NOCl anyagmennyisége $2,30 \text{ g} / 65,5 \text{ g/mol} = 0,0351 \text{ mol}$, azaz a kiindulási koncentráció értéke $0,0351 \text{ mol/dm}^3$. A $2 \text{ NOCl} \rightleftharpoons 2 \text{ NO} + \text{Cl}_2$ egyenlet szerinti 75,4%-os bomlást követően az egyensúlyi koncentrációk a következők lesznek:

$$[\text{NO}] = 0,0351 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,754 = 0,0265 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{Cl}_2] = 0,0265 \text{ mol/dm}^3 / 2 = 0,0132 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{NOCl}] = 0,0351 - 0,0265 = 8,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Behelyettesítve a $K = [\text{NO}]^2 \cdot [\text{Cl}_2] / [\text{NOCl}]^2$ képletbe a folyamat koncentrációkkal kifejezett egyensúlyi állandójára $0,125 \text{ mol/dm}^3$ adódik. (Az $\text{NOCl} \rightleftharpoons \text{NO} + 0,5 \text{ Cl}_2$ egyenlet szerinti bomlás esetén a megfelelő érték $0,354 (\text{mol/dm}^3)^{1/2}$).

b) A tartály térfogata $1,00 \text{ dm}^3$, ezért az egyensúlyi elegy anyagmennyisége: $(0,0265 + 0,0132 + 8,60 \cdot 10^{-3}) \text{ mol} = 0,0483 \text{ mol}$. Az össztömeg továbbra is $2,30 \text{ g}$, vagyis az elegy átlagos moláris tömege $2,30 \text{ g} / 0,0483 \text{ mol} = 47,6 \text{ g/mol}$.

c) Mivel az elegy össztömege változatlan, az átlagos moláris tömeg értéke abban az esetben lesz nagyobb, ha az egyensúly a kevesebb anyagmennyiség irányába, azaz a NOCl felé tolódik el. A megadott képződéshő alapján a $2 \text{ NOCl} \rightleftharpoons 2 \text{ NO} + \text{Cl}_2$ folyamat reakcióhő értéke $2 \cdot 90,3 \text{ kJ/mol} - 2 \cdot 51,7 \text{ kJ/mol} = +77,2 \text{ kJ/mol}$, vagyis a folyamat endoterm a bomlás irányába és exoterm a visszaalakulás irányába. Az új elegyben az átlagos moláris tömeg $50,4 \text{ g/mol}$, vagyis nagyobb, mint a b) részben kapott érték, ezért az egyensúly az NOCl felé tolódott el. Mivel ebbe az irányba a folyamat exoterm, ezért ez a hőmérséklet csökkentésével érhető el, tehát a hőmérséklet alacsonyabb, mint az előző esetben. (Az $\text{NOCl} \rightleftharpoons \text{NO} + 0,5 \text{ Cl}_2$ egyenlet esetén a reakcióhő értéke feleekkora, de ez az eltolódás irányát természetesen nem befolyásolja.)

d) Jelölje x az átalakult NOCl anyagmennyiségét! Ekkor az új egyensúlyi elegyben az egyensúlyi anyagmennyiségek értéke: $x \text{ mol NO}$, $0,5x \text{ mol Cl}_2$ és $(0,0351 - x) \text{ mol NOCl}$, összesen $(0,0351 + 0,5x) \text{ mol}$. Az új elegy átlagos moláris tömegére az alábbi összefüggés írható fel: $(30,0x + 70,9 \cdot 0,5x + 65,45 \cdot (0,0351 - x)) / (0,0351 + 0,5x) = 50,4$, ebből $x = 0,0210 \text{ mol}$. Ez alapján az új egyensúlyi koncentrációk:

$$[\text{NO}]' = 0,0210 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{Cl}_2]' = 0,0105 \text{ mol/dm}^3,$$

$$[\text{NOCl}]' = 0,0141 \text{ mol/dm}^3$$

Az átalakulás mértéke: $0,0210 \text{ mol} / 0,0351 \text{ mol} \cdot 100\% = 59,8\%$. Az egyensúlyi állandó képletébe behelyettesítve az új egyensúlyi koncentrációkat $K' = 0,0233 \text{ mol/dm}^3$. (Az $\text{NOCl} \rightleftharpoons \text{NO} + 0,5 \text{ Cl}_2$ egyenlet esetén a megfelelő érték $0,153 \text{ (mol/dm}^3)^{1/2}$).

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 9,3 pont, hibátlan megoldást összesen 10-en küldtek be. Több megoldónál hiányzott a c) feladat rész indoklása, valamint az egyensúlyi állandók mértékegysége.

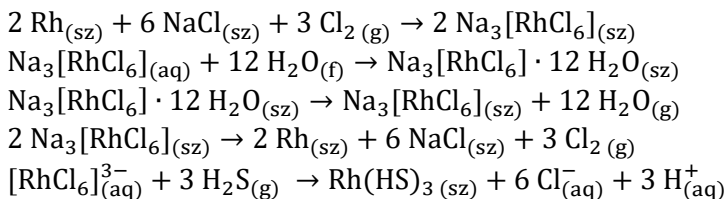
(Vörös Tamás)

K411.* Az elválasztáskor keletkező **A** anyaghoz úgy jutunk el, hogy NaCl-dal keverjük össze a mintát és klórgáz áramában hevítjük, így feltételezhető, hogy egy nátriumot, ródiomot és klórt tartalmazó vegyület keletkezik. Ekkor az összetétel alapján 1 mol ródiom mellett 281,6 g anyag van. Ezt a számítást könnyen elvégezhetjük az alábbi összefüggés alapján $m(\text{egyéb}) = n(\text{Rh}) \cdot M(\text{Rh}) \cdot ((1/w(\text{Rh})) - 1)$, ahol $n(\text{Rh})$ a ródiom anyagmennyisége, $M(\text{Rh})$ a ródiom moláris tömege, $w(\text{Rh})$ pedig a minta tömegszázalékos ródiom tartalma. Ez az érték kerekítési hibán belül megegyezik 3 mol nátrium és 6 mol klór tömegével (281,7 g). Ez alapján az **A** anyag Na_3RhCl_6 tapasztalati képlettel jellemezhető. Mivel a ródiom a *d*-mező féme, így feltételezhető, hogy ez az anyag a ródiom egy klorid-ionokkal alkotott komplexe, a nátriumionok pedig az ellenionok (így az összetételt pontosabban jelöljük, ha $\text{Na}_3[\text{RhCl}_6]$ képlettel írjuk azt le). A következő lépésben az **A** vízben oldása és kristályosítása történt, amely egy az előzőtől eltérő összetételű anyaghoz vezetett. Ebben a fázisban az **A** anyag átkristályosítása történt, ezért feltételezhetjük, hogy csak kristályvíz felvétel ment végbe. A fenti összetétel alapján 1 mol ródiom esetén 216,1 g víz felvétele esetén kaphatunk a **B** anyaggal megegyező ródiom tartalmú kristályvizes vegyületet. Ez 12,01 mol H_2O tömege, így a **B** anyag valószínűleg leírható az $\text{Na}_3[\text{RhCl}_6] \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ képlettel. Ezt az összetételt támasztja alá az is, hogy ha az ilyen összetételű anyag elveszti a kristályvizét, akkor a feladatban szereplő adattal megegyező mértékben csökken a tömege. Tehát a 120°C -on történt hevítés során a kristályvíz távozott el (szárítás). Ezt követően a 650°C fölötti hevítés során az **A** anyag bomlik, melynek egyik terméke a ródiom. Mivel a feladat szövege csak annyit mond a hevítés eredményeként végbemenő reakció termékeiről, hogy alapos vizes mosás után tiszta ródiom por marad vissza, így élhetünk azzal a feltételezéssel, hogy az **A** vegyület keletkezéséhez

vezető reakció játszódik le ellentétes irányban, azaz az $\text{Na}_3[\text{RhCl}_6]$ képlettel leírható vegyület bomlik, míg ródiium, nátrium-klorid és klórgáz keletkezik, amelyek közül a klórgáz a hevítés hatására elillan. Ekkor szilárd termékként a vízben nem oldódó ródiium mellett nátrium-klorid marad vissza. Ennek a por formájú ródiiumtól történő maradéktalan elválasztása történhet vizes mosással, azonban ekkor precíz munkát kell végezni ugyanis a szemcsék felületéről nem feltétlen távolítható el olyan könnyen a társtermék.

A **C** anyagról azt tudjuk, hogy tartalmaz ként, így érdemes lehet megvizsgálni, hogy 1 mol kén mellett hány gramm anyag található. Ez az összetétel alapján 35,31 grammnak adódik. A számolást nagyobb mennyiségű kénre is elvégezve, reális eredményt csak 3 mol kén esetén kapunk. Ekkor a tömegek alapján egy $\text{Rh}(\text{HS})_3$ tapasztalati képletű anyagot kapunk, amely a reakció leírása alapján feltehetően a **C** vegyület.

A feladatban szereplő reakciókat leíró egyenletek:



Az első egyenlet az **A**, a második egyenlet a **B**, az ötödik egyenlet pedig a **C** anyag keletkezését, míg a harmadik egyenlet a **B**, a negyedik egyenlet pedig az **A** anyag bomlását írja le.

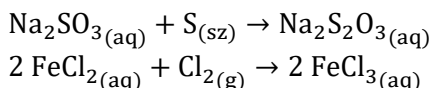
A feladat megoldása során a legnagyobb nehézséget a C anyag azonosítása, illetve az összes egyenlet felírása jelentette. Az átlagpontszám 7,77 lett. Hibátlan megoldást küldött be: Csernyák Milán és Sajósi Benedek.

(Ficsór István Dávid)

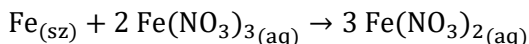
H351. A megfelelő reakciók keresését megelőzően érdemes egy kicsit megvizsgálni azt, hogy a feltételekben szereplő anyagoknak milyen a jellemző viselkedése. Például, ha egy fém reagál, akkor az szinte mindig oxidálódik. Hasonlóképpen, ha egy nemfém reagál, akkor olyan reakciópartnerben érdemes elsősorban gondolkodni, amelyet lehet oxidálni, hiszen a nemfémes elemek többsége erős oxidálószer, bár ezen elemeknél nem olyan egyértelmű a viselkedés, mint a fémeknél. Továbbá fontos azt

is megvizsgálni, hogy a só fogalmát milyen tulajdonságokkal rendelkező anyagok teljesítik. Ehhez a megoldás szerzője a IUPAC Arany könyvében szereplő meghatározást használta (A IUPAC ezen kiadványában szerepelnek a kémiai szaknyelv egyes fogalmainak a IUPAC által ajánlott definíciói. Eredeti címén: IUPAC Compendium of Chemical Terminology Gold Book.). Ez alapján sónak az a vegyület számít, amely kationból és anionból áll. Ezzel kapcsolatban érdemes megjegyezni azt, hogy nem sok olyan só létezik, amelyben egyszerű ion a kation és annak töltése meghaladná a +4-et, továbbá az ilyen anyagok (legalább +4-es oxidációs számú kationt tartalmazó anyagok) között nem ritka, hogy molekuláris jellegűek, vagy vizes közegben valamilyen részecske koordinál hozzájuk. Ezért ezen anyagokat jelen feladat során célszerű kerülni.

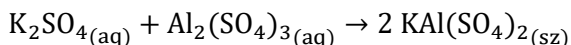
a) Az első feladatrészben egy olyan reakciót kellett keresni, amelyben egy nemfémes elem és egy só reagál. Az ilyen típusú reakcióra az alábbi két reakció lehet példa. Az elsőben szilárd kénport kell nátrium-szulfit vizes oldatában főzni. Míg a második reakció akkor játszódik le, ha klórgázt vezetnek vas(II)-klorid frissen készített vizes oldatába.



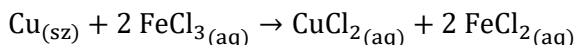
b) A második részben olyan anyagokat kellett keresni, amelyek közül az egyik egy fém, míg a másik egy só és ezek reakciójában egyféle só keletkezik. Az ilyen átalakulásra példa lehet az alábbi, melyben vaspor és vas(III)-nitrát oldat reakciójában vas(II)-nitrát keletkezik.



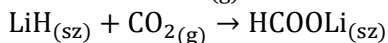
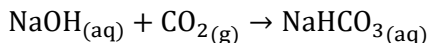
c) A következő reakcióban két só reakciójában kellett keletkeznie egy harmadik sónak. Az ilyen reakcióra lehet példa az alábbi reakció, melyet úgy lehet véghez vinni, hogy a két só sztöchiometrikus mennyiségű oldott anyagot tartalmazó telített vizes oldatait összeöntjük, és a reakciókeveréket lehűtjük. Ekkor a termék kristályosodik ki.



d) Ebben a részben egy fém és só reakciójában kellett két sónak keletkeznie. Erre jó példa az alábbi reakció, mely például akkor játszódik le, amikor tömény vas(III)-klorid oldatot öntünk rézlemezre.

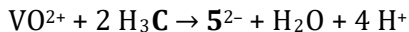
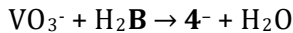
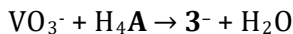
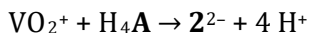
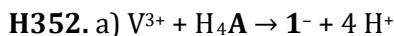


e) Az utolsó feladatban olyan reakcióra kellett példát mutatni, amelyben egy oxid és egy só reakciójában egy só keletkezik. Erre példa lehet az a reakció melyben a NaOH oldatot telítjük szén-dioxiddal és a keletkező nátrium-hidrogén-karbonátot kikristályosítjuk az oldatból. A másik reakció terméke a lítium-formiát, amely 200-250°C-on keletkezik az alább látható egyenlet szerint.



A feladat nem bizonyult sem túl nehéznek, sem túl könnyűnek. A pontszámok átlaga hat és hét közé esett. Kimagaslóan részletes megoldást küldött be Nemeskéri Dániel.

(Ficsór István Dávid)



b) Mind az öt komplex királis. Ezen felül a H_3C ligandum két, metilcsoport mellett elhelyezkedő szénatomja is kiralitáscentrum. A ligandumok eltérő kapcsolódásával járó izomerek bár elképzelhetőek, nem léteznek. (Azonban az ezt is számoló megoldásokat is értékeltük, amennyiben volt hozzá indoklás.)

Így az 1-4 komplexeknek kettő, az 5 komplexnek $2^5=32$ izomere létezhet.

c) Az Edda a skandináv mitológia hőseihez kapcsolódó vers-, ill. próza-gyűjtemény. A vanádium nevét Vanadísról (másik nevén Freyja) kapta, aki a skandináv mitológiában többek között a szépség istennője – és szerepel az Eddában. (A fém sokféle színes vegyülete ihlette felfedezőjét, Nils Gabriel Sefström svéd kémikust a névadásra.)

A feladat változatosan sikerült a versenyzőknek, hibátlan megoldás nem volt.

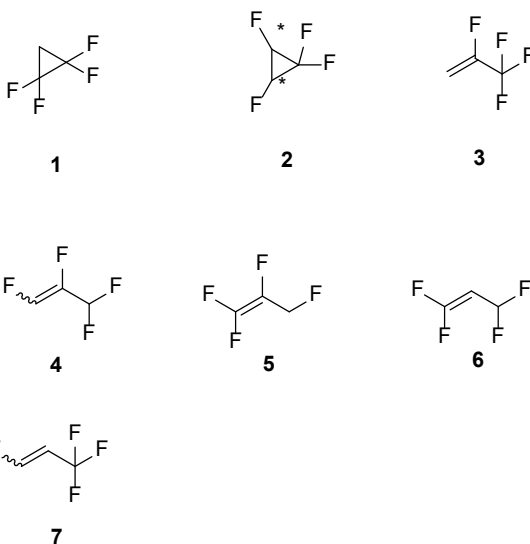
(Forman Ferenc)

H353. a) A halogénezett szénhidrogének mind üvegházhatásúak, mind az ozon bomlását katalizálják, így felelősek az ózonlyukakért.

b) A $C_nH_mF_4$ moláris tömege $12n + m + 4 \cdot 19$, ebből a szén tömegszázalékos aránya

$$\frac{12n}{12n + m + 76} = w = 31,59\%$$

Megvizsgálva a lehetséges n - m párokat, egyedül $n = 3$; $m = 2$ esetén adódik kémiaiag értelmes megoldás, tehát az összegképlet $C_3H_2F_4$. A molekulának az alábbi konstitúciós izomerei vannak:

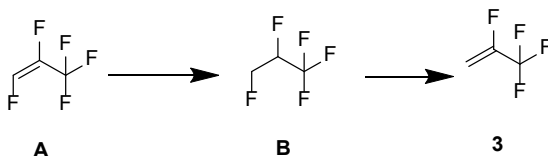


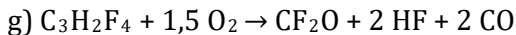
c) Ezek közül a **2**, **4**, **7** molekuláknak vannak sztereoizomerei, tehát a megoldás **1**, **3**, **5** vagy **6** molekulák lehetnek.

d) **3**.

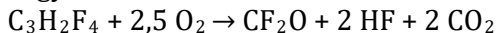
e) Addíció, illetve elimináció.

f)





vagy

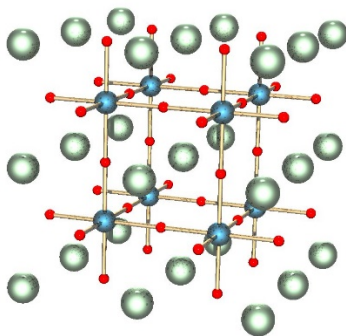


A feladat jól sikerült a versenyzőknek, majdnem mindenki maximális vagy ahhoz közeli pontszámot ért el.

(Forman Ferenc)

H354. a) Magasabb szupravezető hőmérséklet esetén kevesebb energia befektetésével lehet fenntartani az állapotot, így ez előnyösebb.

b) A perovszkit szerkezete az alábbi ábrán látható:



A piros gömbök az oxigént, a fehér az alkáliföldfémeket, míg a kék a titánt jelöli.

(Forrás: Wikimedia Commons)

Az ábrán jól látható, hogy az alkáliföldatomok koordinációs száma 12, és titánatomoké hat. Az anyagok sűrűségét az alábbi egyenlettel lehet kiszámolni, figyelembe véve, hogy az elemi cella sűrűsége jellemzi az egész halmazt, és egy elemi cellában egy formulának megfelelő számú atom van:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{M/N_A}{V} = \frac{M}{N_A \cdot a^3}$$

A számokat behelyettesítve CaTiO_3 esetén $3,994 \text{ g/cm}^3$, SrTiO_3 esetén $4,833 \text{ g/cm}^3$ -nek adódik.

c) A rétegszám $60 \text{ min/h} \cdot 0,5 \text{ UC/min} \cdot 1 \text{ h} = 30 \text{ UC}$

A FeSe rácsállandója b , az alábbi módon számítható:

$$\rho = \frac{M(\text{FeSe})}{N_A \cdot b^3}$$

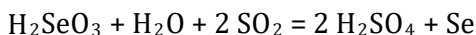
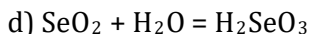
$$b = \sqrt[3]{\frac{M(\text{FeSe})}{N_A \cdot \rho}} = 3,62 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Tehát a szubsztrát felületén

$$N = \frac{1 \text{ mm}^2}{(3,62 \cdot 10^{-10})^2} \cdot 30 = 2,29 \cdot 10^{14}$$

elemi cella rakódik le, aminek a tömege

$$m = N \cdot \frac{M}{N_A} = 5,15 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$$



A feladat jól sikerült a versenyzőknek, majdnem mindenki maximális vagy ahhoz közeli pontszámot ért el. Leggyakoribb hiba a c) pont túlgondolása volt, ahol a feladatban jelzett primitív cella helyett többen az α -FeSe szerkezetével számoltak.

(Forman Ferenc)

H355. Az orosz feladat kitűzésével sok fejfájást okoztunk megoldóinknak. Kevés elégtétel nekik, hogy később a javítóknak és a szerkesztőknek is ugyanígy komoly nehézségeket okozott a feladat. Nem találtunk más igazságos megoldást, mint hogy a feladatot töröljük a pontversenyből. Elnézést kérünk!

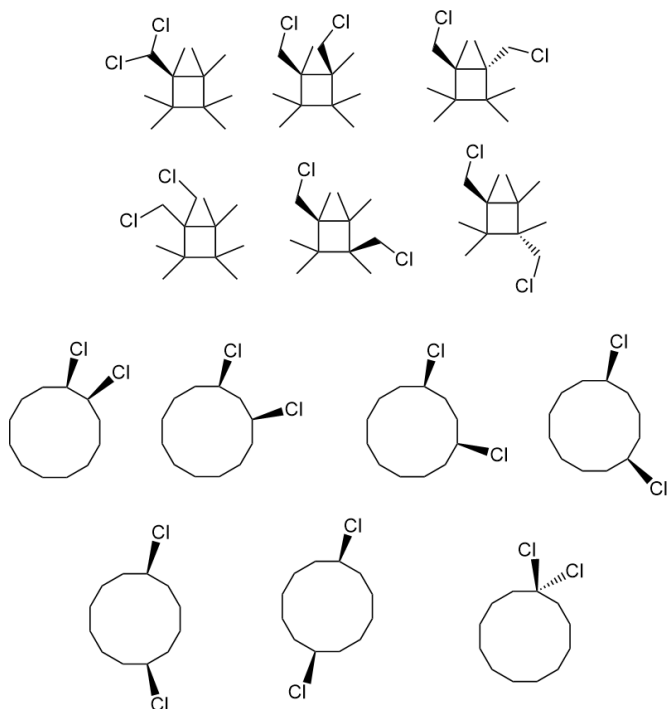
A feladat végül is két olyan, egy-egy gyűrűt tartalmazó izomer szénhidrogént keresett, amely nagyon szimmetrikus, hisz csak egy monoklórszármaazéka van. A különbség a diklórszármaazékok számában kellett, hogy legyen. Az egyik szénhidrogénnek hat, a másiknak hét ilyen lenne, ha nem számítjuk az optikai izomereket. Az eredeti feladat megoldását az ábra mutatja. A ciklododekánnak lenne ez szerint 7 diklórszármaazéka, az oktametil-ciklobutánnak pedig 6.

Ez a megoldás viszont az optikai izoméria téves értelmezésén alapul. A diklór-ciklododekánnak valóban 7 db szerkezeti izomerét tudjuk felírni, ezeket mutatja az ábra. Ezek közül az 1,1-diklórszármaazék kivételével

mindegyiknek léteznek sztereoisomerei is. Tekinthesük a klóratomok gyűrű síkjához viszonyított helyzetét, így mind a hat szerkezeti izomernak létezik cisz és transz változata, és ezeken belül a legtöbb transz izomer nem hozható fedésbe a tükörképével, az optikai izomerével vagy más néven enantiomerével. Ez utóbbi tekintetében a transz 1,7-diklórszármazék kivétel, az a tükörképével azonos.

Másként megközelítve öt szerkezeti izomerben két-két kiralitáscentrum van, de a lehetséges 4 sztereoisomerekből 2 egybeesik, mert esetükben a molekulának van tükörsíkja. Az 1,7 származékban tulajdonképpen nincsenek kiralitáscentrumok, de a gyűrűhöz viszonyított helyzetek miatt van két sztereoisomer.

Összesítve tehát a diklórszármazékoknak 7 szerkezeti izomere, 18 sztereoisomere, és az optikai izomereket nem számítva 13 sztereoisomere van.



Az oktametil-ciklobután esetében hat izomer diklórszármazékot csak akkor tudunk leszámolni, ha bizonyos sztereoisomereket is eltérőnek

veszünk. Ugyanis valódi szerkezeti izomerből, eltérő kapcsolódási sorrendű molekulából csak 4 db van. Ezek közül kettőnek (1,1 helyzetben két klórmetilcsoportot, illetve a diklórmetil csoportot tartalmazónak) nincs sztereoisomerje. Az 1,2 helyzetben két klórmetil csoportot tartalmazó konstitúciónak viszont ismét 3-3 sztereoisomerje létezik, amelyekből 2 enantiomer pár. Az 1,3 helyzetben levő klórmetil csoportok esetén cisz-transz izomerek léteznek, de ezek a szerkezetek szimmetrikusak, nincsenek optikai izomerjeik.

Tehát a diklórszármazékokból 4 szerkezeti izomer, 7 sztereoisomer, és az optikai izomereket nem külön számítva 6 sztereoisomer (ezt mutatja az ábra) létezik. Tehát ugyanolyan szabályokkal a hatos és hetes izomerszámot nem kaphatjuk meg.

A megoldók közül nem kevesen voltak, akit a feladat korlátai a szerzők téves útjára tereltek, de volt, aki megmutatta, hogy nem létezhet korrekt megoldás, és olyan is, aki nem tudott továbblépni, ahol lehetetlen volt. Korrekt értékelésre így tényleg nem volt mód. Még egyszer elnézést kérünk. Köszönjük Szobota András segítségét a probléma elemzésében.

(Magyarfalvi Gábor)

H357. a) A három mérésből megállapítható, hogy a minta fényelnyelése egyenesen arányos annak koncentrációjával és a fényút hosszával.

A feladat megoldásához a Lambert-Beer törvényt is használhatjuk:

$$A = \epsilon c l$$

ahol A az abszorbancia (fényelnyelés), ϵ a moláris abszorpciós koefficiens (anyagi minőséghez tartozó állandó, $\text{dm}^3/\text{mol}\cdot\text{cm}$), c a koncentráció (mol/dm^3), l pedig a fényút cm -ben kifejezve.

A festék moláris abszorpciós koefficiense mindhárom esetben kiszámolható, $130 \text{ dm}^3/\text{mol}\cdot\text{cm}$ -nek adódik.

$$\epsilon = A_{x1}/c_{x1}l_{x1} = 1,3/0,01 \cdot 1 = 130 \text{ dm}^3/\text{mol}\cdot\text{cm}$$

X oldatot 20-szorosára hígítva az oldat koncentrációja $5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, fényelnyelése pedig $A_{x2} = \epsilon c_{x2} l_{x2} = 130 \cdot 0,0005 \cdot 5 = 0,325$

b) Az elkészített oldatoknál megfigyelhető, hogy a bemért fenol mennyisége (illetve a belőle képződő komplex koncentrációja) és a mért abszorbancia érték egyenes arányosságban áll egymással. A vizsgált, hígított oldatok fenol koncentrációja az alábbi képlettel számíthatók ki:

$$c = m/MV \cdot \text{hígítás}$$

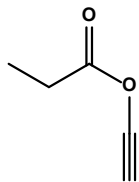
A legnagyobb bemért fenol mennyiségnél ez $c_1 = 0,1/94 \cdot 0,1 \cdot 10 = 1,06 \cdot 10^{-3}$ M, a többi esetben pedig $c_2 = 5,32 \cdot 10^{-4}$ M, $c_3 = 2,66 \cdot 10^{-4}$ M, $c_4 = 2,13 \cdot 10^{-4}$ M. A hozzájuk tartozó extinciókoefficiensek rendre $\varepsilon_1 = 1457 \text{ dm}^3/\text{mol} \cdot \text{cm}$, $\varepsilon_2 = 1466,4 \text{ dm}^3/\text{mol} \cdot \text{cm}$, $\varepsilon_3 = 1466,4 \text{ dm}^3/\text{mol} \cdot \text{cm}$, $\varepsilon_4 = 1457 \text{ dm}^3/\text{mol} \cdot \text{cm}$, ezek átlaga pedig $\varepsilon_{\text{átl}} = 1461,7 \text{ dm}^3/\text{mol} \cdot \text{cm}$. Az ismeretlen B oldat koncentrációja

$$c_B = 10(A_B/\varepsilon_{\text{átl}} \cdot l) = 10(0,73/1461,7 \cdot 1) = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ M.}$$

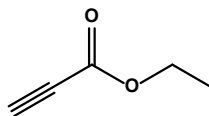
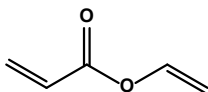
A hígított minták koncentrációi és a mért fényelnyelés értékek közötti összefüggés ábrázolható egy grafikonon is, a mérési pontokra egyenest tudunk illeszteni. Az egyenes egyenlete $A = 1455,8c + 0,0025$, amivel a mérési tartományon belül bármilyen abszorbancia értékhez kiszámíthatjuk a mérési koncentrációt.

(Bacsó Zsófia Réka)

H359. Az észtercsoport (-COO-) hozzájárulása a molekulatömeghez 44 g/mol. A maradék 56 g/mol összesen 4 C és 8 H atomot enged még meg maximum. Az egyetlen eset, amikor a hidrolízis terméke lúgos vízzel tovább reagál az, ha a karbonsav „etenil-alkohollal” van észteresítve. Ez esetben a keletkező alkohol rögtön keténné tautomerizálódik (keténinol tautóméria), ami a lúgos vízzel azonnal reagál, ecetsavat eredményezve (illetve deprotonálás után acetátot). További kettőskötést a karbonsavra nem lehet helyezni, hisz a többi izomerben nem maradna két különböző elrendezés. Egyik megoldás (B észter) tehát az acetilén-propionát. Mivel a hidrogénezés ugyanakkor minden esetben ugyanazt a terméket adja (ezek szerint X=etil-propionát), a másik két megfejtés pedig B-nek telítetlenséget tekintve regioizomere, a vinil-akrilát, illetve az etil-propiolát.



B észter



A és C észterek

A hat szappanosítási termék tehát a propionsav, az ecetsav, az akrilsav, az (A-ból keletkező vinil-alkohol tautomerizációjából keletkező) acetaldehid, a propinsav és az etanol. Láthatóan tehát 2 és 3 szénatomos csoportra bonthatók. Több jó megoldás is létezik a teljes szintézishálóra, de induljunk etanoltól. Ennek acetaldehiddé és ecetsavvá oxidálása piridinium-klórkromát, illetve krómkénsav segítségével nem nehéz feladat. Foszfor-tribromid hatására etil-bromid képződik belőle, amely magnézium hozzáadásával a megfelelő etilmagnézium-bromid (Grignard-) reagenssé alakul és szén-dioxiddal reagáltatva propionsav keletkezik. Ennek foszfor-tribromid és bróm segítségével (Hell-Volhard-Zelinszkij-reakció) alfa-helyzetben történő brómozása, majd a beépített bróm eliminációja akrilsavat eredményez. Elvileg a kétszeres brómozás és elimináció pedig propiolsavat, bár erre irodalmi példa nem található. Tisztább megoldás talán az akrilsav brómmal való telítése, amiből szintén kettős eliminációval kapjuk a propiolsavat.

A feladat igen nehéznek bizonyult, egyedül Nemeskéri Dániel és Papp Marcell Imre küldött be teljes értékű megoldást, közülük is utóbbinak külön köszönöm a szintézisek rendhagyó megközelítését. Fel kell hívnom a figyelmet, hogy sokszor a szintézisekre sem tudtam több helyen részpontot adni, mert egyszerűen nem létező, irreális reakciókat írtatok fel (például alkin só tartalmazó éter savas hidrolízise), erre figyeljete.

(Szobota András)