

GONDOLKODÓ



Feladatok

Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Zagyi Péter

A megoldásokat 2024. május 2-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.

K484. Az alumínium(III)-klorid vegyület megjelenési formája függ a hőmérséklettől és a közegtől. Vízmentes szilárd alakját ionosnak tekintjük, amelyben minden alumíniumiont hat kloridion vesz körül.

Az alumínium(III)-klorid $180,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on szublimál. Ha egy $1,00\text{ dm}^3$ -es evakuált tartályba $3,00$ gramm szilárd alumínium(III)-kloridot teszünk, majd $200,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítjük, a nyomás $204,8\text{ kPa}$ lesz.

a) *Mi a moláris tömege és képlete a keletkező gázfázisú alumínium(III)-kloridnak?*

b) A gázfázisban lévő alumínium(III)-klorid-molekulák alumíniumatomja az elektronhiányos állapot elkerülésére datív kötést tud létesíteni. Rajzold le a szerkezetét a 200 °C-on gázfázisban jelenlévő molekulának!

A tartályt 1100 °C-ra tovább melegítve a nyomás 722,8 kPa-ra növekedett.

c) Mi a moláris tömege és képlete az alumínium(III)-kloridnak 1100 °C-on?

Ha alumínium(III)-kloridot (**X**) folyékony alumíniummal 1200 °C-ra hevítünk, egy gáz-halmazállapotú alumínium-klorid (**Y**) vegyület keletkezik, melyet az Oroszlán csillagkép egyik távoli csillagának légkörében is megfigyeltek. Ideális esetben 1,00 g **X** és 0,404 g alumínium reakciója adna tiszta terméket 3054 J hő felszabadulása mellett.

d) Írd fel a végbemenő reakció egyenletét!

e) Mennyi az alumínium és klór közötti kötés kötési energiája a kiindulási alumínium(III)-kloridban és a termékben?

$$\Delta_k H(\text{X}(\text{g})) = -584,6 \text{ kJ/mol}; \Delta_k H(\text{Al}(\text{f})) = 10,56 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_k H(\text{Al}(\text{g})) = 330 \text{ kJ/mol}; E_{\text{kötési}}(\text{Cl}-\text{Cl}) = 242,6 \text{ kJ/mol}$$

(Borbás Réka)

K485. Az alumínium(III)-klorid kristályvizes só formájában is létezik, amelynek képlete $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Amikor a kristályvizes szilárd anyagot hevítjük, elbomlik, egy szilárd anyag és két különböző gáz-halmazállapotú termék képződik. 1 mol kiindulási anyagból összesen 8 mol termék keletkezik, amelyek közül az egyik termék a megnedvesített univerzál indikátorpapírt vörösre színezi.

a) Add meg a bomlás egyenletét!

Az alumíniumionnak szilárd halmazállapotban bázikus kloridjai is vannak, amelyek képlete $\text{Al}_2(\text{OH})_{6-x}\text{Cl}_x$. Ezek közül néhány ritka ásványként is előfordulhat, de főleg mesterségesen állítják elő, és használják pl. izadásgátló termékek aktív hatóanyagaként. Az egyik ilyen vegyületből 1,000 g-ot feloldunk híg vizes salétromsavoldatban, és az oldatból 250,0 cm^3 törzsoldatot készítünk. Ebből az oldatból 25,0 cm^3 -t 0,0500 mol/ dm^3 töménységű ezüst-nitrát-oldattal titrálunk. A csapadék teljes leválasztáshoz 20,75 cm^3 ezüst-nitrát-oldatra volt szükség.

b) *Add meg a vizsgált bázikus alumínium-klorid képletét!*

Az alumínium egy másik ásványa azért érdekes, mert egy ritka példája egy szerves kationból, ebben az esetben az Al^{3+} , és egy szerves anionból képződő ásványra. Ha az ásványt vákuumban fokozatosan felmelegítik, az ásvány először $200\text{ }^\circ\text{C}$ -on elveszíti kristályvizét, majd $600\text{ }^\circ\text{C}$ -ig fokozatosan elbomlik. Ha 100 mg ásványt $200\text{ }^\circ\text{C}$ -on hevítünk, tömegének $40,9\%$ -át veszíti el. Ha a keletkező vízmentes szilárd anyagot $600\text{ }^\circ\text{C}$ -ra hevítjük, $26,7\text{ mg}$ szén-dioxid és $4,24\text{ mg}$ szén-monoxid keletkezik. A $28,15\text{ mg}$ szilárd maradék $54,90\text{ m/m}\%$ alumínium(III)-oxidot és $45,10\text{ m/m}\%$ szenet tartalmaz.

c) *Add meg az ásvány képletét $\text{Al}_n\text{C}_k\text{O}_m \cdot x\text{H}_2\text{O}$ formában; n , k , m és x egész számok.*

d) *A vegyületben két alumíniumionra egy többszörösen töltött anion jut. Mi az ásványban lévő anion képlete?*

(Borbás Réka)

K486. A szakkörösök azt a feladatot kapták, hogy állítsanak elő kémcsőben vas(III)-hidroxidot. Egymás közt azzal versenyeztek, hogy ki tudja bonyolultabban előállítani.

Az egyik csapat 10 gramm $5\text{ m/m}\%$ -os vas(II)-szulfát oldathoz először 4 cm^3 2 mol/dm^3 töménységű NaOH -oldatot, majd $1,5\text{ cm}^3$ $5\text{ m/m}\%$ -os hidrogén-peroxid-oldatot öntött.

a) *Írd le a lejátszódó folyamatok egyenletét!*

A másik csapat 10 gramm $5\text{ m/m}\%$ -os vas(II)-szulfát oldathoz először a $1,5\text{ cm}^3$ $5\text{ m/m}\%$ -os hidrogén-peroxid-oldatot öntötte, majd ezután a 4 cm^3 2 mol/dm^3 töménységű NaOH -oldatot. Azonban így pezsgést tapasztaltak, és a csapadék színe is eltért az előző csapatétól.

b) *Magyarázd meg a különbséget a két csapat munkája között!*

A harmadik csapat 10 cm^3 $5\text{ m/m}\%$ -os nátrium-karbonát-oldatot öntött össze 10 cm^3 telített vas(III)-klorid-oldattal.

c) *Mit tapasztalhattak, és milyen egyenletek magyarázzák a tapasztalatot?*

(Borbás Réka)

K487. Számrejtvény. A rejtvény megoldásai egész számok, melyet a négyzetekbe kell beírni a keresztrejtvények szabályai szerint. Nem egész számok esetén az egészre kerekített értéket írd be!

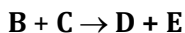
1	2		3	
4		5		6
7			8	
9		10		

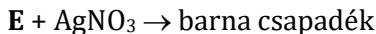
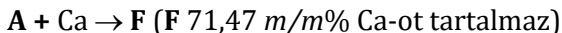
Vízszintes: 1. A 158 alaninegységből álló polipeptid relatív molekulatömege. 4. A tejsavból 230 molekulát egymással összekapcsolva keletkező politejsav relatív molekulatömege. 7. A $[\text{Kr}]5s^14d^5$ elektronszerkezetű atom rendszáma. 8. Annak az elemnek a rendszáma, amelynek oxidja az egyik elemből 12,44 $m/m\%$ -ot tartalmaz. 9. A függőleges (4)-esben szereplő gáz 1,00 grammja ezen a hőmérsékleten ($^{\circ}\text{C}$ -ban) és standard légköri nyomáson 190 cm^3 térfogatot tölt ki. 10. Egy közismert, hidrogént nem tartalmazó polimer monomerjének relatív molekulatömege.

Függőleges: 2. A 26 monomeregységből álló PVC relatív molekulatömege. 3. Annak az elemnek a rendszáma, amely a nevét egy színről, közvetve azonban egy országról kapta. 4. Annak a kéntartalmú gáznak a relatív molekulatömege, amelynek levegőre vonatkoztatott relatív sűrűsége 5,03. 5. A 82872 molekulatömegű amilózmolekula hidrolízisekor keletkező glükózmolekulák száma. 6. Egy szerves vegyület relatív molekulatömege, amely 74,45 $m/m\%$ szenet és 9,02 $m/m\%$ hidrogént tartalmaz oxigén mellett. 8. Annak a szerves vegyületnek a tapasztalati képletéhez tartozó relatív tömege, amelynek helyettesítésére gyakran használnak poli-metil-metakrilátot.

(Borbás Réka)

K488. A különböző betűk különböző elemeket és vegyületeket jelölnek.





Add meg **A, B, C, D, E, F, G** képletét és írd fel a reakcióegyenleteket!

(Borbás Réka)

K489*. A $C_6H_{12}O$ vegyületről a következőket tudjuk.

- Optikai és geometriai izomériát is mutat.
- Fémnátriummal reagáltatva színtelen, szagtalan gáz fejlődik.
- A brómos vizet elszínteleníti.
- A felhevített rézdrótot ezzel a vegyülettel reagáltatva egy szerves termék keletkezik, miközben a rézdrót vörös színűvé válik.
- Ha vegyületet $180\text{ }^\circ\text{C}$ -on tömény kénsav jelenlétében eliminációs reakcióba visszük, konjugált kettős kötések keletkeznek.

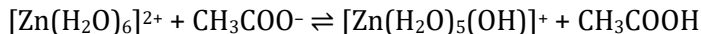
Add meg a molekula lehetséges szerkezeti képleteit!

(Borbás Réka)

K490*. A vízmolekula erősebb savként viselkedik fémionhoz kötődve, mint „szabadon”. Például a $[Zn(H_2O)_6]^{2+} \rightleftharpoons [Zn(H_2O)_5(OH)]^+ + H^+$ folyamat savi disszociációs állandója $1,10 \cdot 10^{-9}$.

a) Mennyi a hidrogénion-koncentrációja a $0,100\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú cink-nitrát-oldatnak?

b) Mennyi az egyensúlyi állandója a



folyamatnak, ha az ecetsav savi disszociációs állandója $1,78 \cdot 10^{-5}$?

c) Egy $0,100\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú cink-acetát-oldatban a cinkionok hány százaléka van $[Zn(H_2O)_5(OH)]^+$ formában, ha feltételezzük, hogy a cink csak az akvakomplex formában és a fenti egyszeresen pozitív összetett ion formában van az oldatban?

(Borbás Réka)

K491*. 200,0 gramm oldat az **A** sóból 13,54 grammot, a **B** sóból 7,790 grammot tartalmaz. Az **A** só kloridiont, a **B** só szulfátiont tartalmaz. A két sóban más a fémion, de mindkettő kétértékű. Ha az oldatot 3,00 órán keresztül elektrolizáljuk indifferens elektródokkal egyenletes áramerősséggel, akkor a katódon összesen 9,351 gramm fém válik le. Az anódon az első órában 1,371 dm³, a második órában 1,234 dm³, a harmadik órában 0,686 dm³ gáz fejlődik. A gázok 25,0 °C-osak és standard légköri nyomásúak. A klór beoldódásától tekintsünk el.

- a) *Add meg a két fémet a két sóban, és az elektrolízishez használt áramerősséget!*
- b) *Mekkora térfogatú gáz fejlődik a katódon az első, a második, ill. a harmadik órában?*

(Borbás Réka)

H406. Az égetett magnéziát különböző magnézium-karbonátot tartalmazó ásványokból gyártják. Szennyvízkezelésben, műtrágyaként, ipari segédanyagként szennyezettebb formában, gyógyszerekben, tápokban, tisztítva használják.

Ali azt a feladatot kapta, hogy gyors módszert találjon égetett magnézia mintáinak vizsgálatára. Mérőeszközei (mérleg és hőmérő) és vegyszerei nagyon korlátozottak voltak, ezért termokémiai módszerben gondolkodott. Tudta, hogy a mintákban a magnézium-oxid mellett kimutatható mennyiségű kalcium-oxid és szilícium-dioxid is lehet. Megkereste a szükséges hőtani adatokat:

	$\Delta_k H^\circ$ (kJ/mol)
CaO(s)	-636
MgO(s)	-602
SiO ₂ (s)	-854
HCl(g)	-92,5
H ₂ O(f)	-286
CaCl ₂ (s)	-796
MgCl ₂ (s)	-641
H ⁺ (aq)	0,0
Cl ⁻ (aq)	-168
Ca ²⁺ (aq)	-543
Mg ²⁺ (aq)	-462

	c_p (kJ/kg·K)
H ₂ O(f)*	4,178
CaO(s)	0,918
MgO(s)	0,877
SiO ₂ (s)	0,736

	$\Delta_r H^\circ$ (kJ/mol)
H ⁺ (aq) + OH ⁻ (aq) = H ₂ O(l)	-56,0

* Feltételezte, hogy minden vizes oldat ugyanolyan fajlagos hőkapacitással rendelkezik, mint a víz.

Először egy kalorimétert ütött össze minél jobb hőszigeteléssel, és megmérte a hőkapacitását. A kaloriméterbe 200 cm^3 $0,500 \text{ M}$ HCl oldatot (sűrűség: $1,007 \text{ g cm}^{-3}$) majd 300 cm^3 $0,400 \text{ M}$ NaOH oldatot (sűrűség: $1,016 \text{ g cm}^{-3}$) adott. Eredetileg mindkét oldat hőmérséklete $24,2 \text{ }^\circ\text{C}$ volt. Miután a lúgos oldatot beöntötte a kaloriméterbe, figyelte a reakcióban elért hőmérsékletet. A legmagasabb pont $26,3 \text{ }^\circ\text{C}$ volt.

a) *Számítsd ki a kaloriméter hőkapacitását!*

Ezt követően Ali gondosan kimért egy $12,81 \text{ g}$ -os magnéziamintát. A kaloriméter alapos megtisztítása után 500 cm^3 $2,000 \text{ M}$ sósavat (sűrűsége: $1,033 \text{ g cm}^{-3}$) tett bele, és megvárta, amíg a hőmérséklet $24,4 \text{ }^\circ\text{C}$ -on stabilizálódik (a laboratóriumi hőmérsékletnek megfelelően). Ezután hozzáadta a mintát a sósavhoz, és addig keverte az oldatot, amíg el nem érte a $40,5 \text{ }^\circ\text{C}$ -os csúcshőmérsékletét. A reakciót követően Ali leszűrte a kaloriméter tartalmát. Mosás és szárítás után $0,51 \text{ g}$ tömegű szilárd, oldhatatlan anyagot izolált.

b) *Írj rendezett ionegyenleteket a minta sósavban való oldódása során végbemenő folyamatokra! Számítsd ki a standard entalpiaváltozásukat!*

c) *Ali kísérleti adatai alapján számítsd ki a minta tömegszázalékos MgO-tartalmát! Számítsd ki a várható végső hőmérsékletet, ha az ugyanabban a kísérletben vett mintája tiszta magnézium lett volna!*

Ali gyanakodni kezdett, miután elvégezte ugyanezeket a számításokat. Örömmel talált egy fenoltalein-oldatot, aminek a segítségével sikerült kidolgoznia egy módszert, ugyanezekkel az eszközökkel és vegyszerekkel, de pontosabban meg tudta kapni az MgO-tartalmat.

d) *Javasolj egy ilyen eljárást!*

(Villányi Attila)

H407. Az almalé magában sem rossz, de kétlépcsős eljárással almaecet készítésére is használják.

Az elsőben az erjesztés etanolt termel az almalé cukortartalmából. Érdekes módon az almalében fontos összetevő, a kétértékű almasav is etanollá alakul ebben a lépésben.

A másodikban a levegő oxigénje oxidálja az etanolt ecetsavvá mikrobák jelenlétében.

Feltételezhető, hogy az almalé összes cukortartalma egyszerű hexóz, amelyek ugyanolyan összetételűek, mint a glükóz, és nagyon hasonlóan erjednek.

a) Add meg az almaecetkészítés említett reakcióinak egyenleteit!

Egy kis családi vállalkozásban, amely almaecetet gyártott almaléből, egy nap a végtermék nem tartalmazott alkoholt, hanem inkább édes, mint savanyú ízű volt. A fővegyész felfedezte, hogy ugyanazt az almalevet használták, mint az előző napon, amikor minden rendben ment. A kis laboratóriumban volt egy jól működő pH-mérő és néhány berendezés a sav-bázis titráláshoz. Annak kiderítésére, hogy mi romlott el, néhány kísérletet hajtottak végre. A fővegyész felidézett néhány fontos ténytet is, amelyeket a korábbi vizsgálatok állapítottak meg az üzlet indulásakor:

- Az almalé savasságát gyakorlatilag csak az almasav okozza.
- Az almaecet savasságát gyakorlatilag csak az ecetsav okozza.
- Sem az almalé, sem az almaecet nem tartalmaz fémeteket a fő szerves összetevőikhez hasonló koncentrációban (még káliumot és nátriumot sem).

Először az előző napon előállított almaecet $2,00 \text{ cm}^3$ -ét titrálták $0,1000 \text{ mol/dm}^3$ nátrium-hidroxid-oldattal, indikátorként fenolftaleint használva. A végpontot $21,72 \text{ cm}^3$ -nél érték el. Ezután $2,00 \text{ cm}^3$ jó almaecetet összekeverték $10,86 \text{ cm}^3$ $0,1000 \text{ mol/dm}^3$ nátrium-hidroxid-oldattal és annyi vízzel, hogy a végső térfogat $25,00 \text{ cm}^3$ legyen. Ennek az oldatnak a pH-ját $4,76$ -nak mérték.

b) Számítsd ki az almaecet ecetsavtartalmát g/dm^3 egységben, majd becsüld meg az ecetsav pK_s -ét!

Ezután $10,00 \text{ cm}^3$ almalevet titráltak $0,1000 \text{ mol/dm}^3$ nátrium-hidroxid oldattal, indikátorként fenolftaleint használva. A végpontot $11,01 \text{ cm}^3$ -nél érték el. Ebben az esetben két mintát készítettek elő pH-mérésre. Az elsőben $10,00 \text{ cm}^3$ almalevet összekeverték $3,67 \text{ cm}^3$ $0,1000 \text{ mol/dm}^3$ nátrium-hidroxid oldattal, és a végső térfogatot $25,00 \text{ cm}^3$ -re állították be: a pH-t $3,67$ -re mérték. A másodikban $10,00 \text{ cm}^3$ almalevet összekeverték $7,35 \text{ cm}^3$ $0,1000 \text{ mol/dm}^3$ nátrium-hidroxid oldattal, és a végső térfogatot $25,00 \text{ cm}^3$ -re állították be: a pH-t $4,95$ -nek mérték.

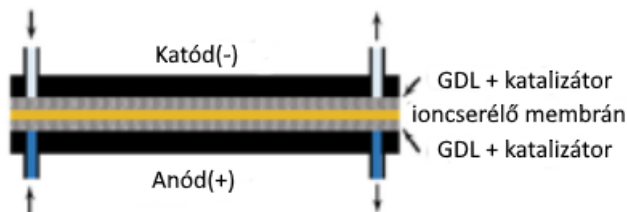
- c) Számítsd ki az almalé almasavtartalmát g/dm^3 egységben, majd becsüld meg az almasav két pK_s értékét!
- d) A már rendelkezésre álló adatok alapján becsüld meg az almalé cukortartalmát g/dm^3 egységben, feltételezve, hogy az oldat térfogata nem változik jelentősen az erjedés során. Tételezz fel 100%-os hatékonyságot minden lépésben!

Eztán jött a problémás végtermék vizsgálata. Ebből az oldatból $5,00\text{ cm}^3$ -t $100,00\text{ cm}^3$ -re hígítottak, a kapott oldat pH-ja 3,03 volt. Ezután további $5,00\text{ cm}^3$ oldatot összekeverték $5,00\text{ cm}^3$ $0,1000\text{ mol/dm}^3$ NaOH-val, és $100,00\text{ cm}^3$ -re hígították. A kapott oldat pH-ja 4,52 volt.

- e) Számítsd ki az ecetsav és almasav és a cukrok koncentrációját a termékben g/dm^3 egységben!

(Lente Gábor)

H408. A szén-dioxid megkötése, leválasztása, tárolása és hasznosítása várhatóan fontos technológia lesz. Néhány évvel ezelőtt magyar kutatók egy olyan vízzel táplált elektrolizátorról számoltak be, ami 420 mA/cm^2 áramsűrűséggel tudott CO-ot előállítani. A cella kialakítása a következő:



A legfontosabb elem a központi ioncsereelő membrán, amelyen bizonyos ionok át tudnak haladni. Ennek a membránnak mindkét oldalán található egy gázdifúziós réteg (GDL). Ez egy részlegesen nedvesíthető porózus anyag, amelynek felületére katalizátor kerül. Optimális esetben mind a gáz, mind az elektrolit bejut a pórusokba, és a réteg vezeti az elektromosságot.

- a) Mi lehet ez az olcsó, könnyen módosítható, inert, porózus és jól vezető réteg a katód oldalán?

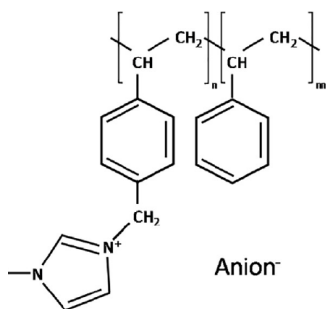
Ezt az anyagot a katódoldalon ezüst nanorészecske katalizátor aktiválja. Az anódoldalon a gázdifúziós réteg porózus Ti-film, felületén IrO_x nanorészecske-katalizátorral.

A semleges oldattal nedvesített katódtéren párával telített szén-dioxidot, míg az anódtéren töményebb (1 M) KOH-oldatot vezetnek át.

b) *Add meg a várt katód- és anódelektrodreakciókat (az oldatok pH-jának megfelelő formában). Add meg az elektrolízis nettó reakcióját!*

Az ioncserélő membrán anyaga valóban döntő fontosságú. Az elektrokémiában sokat használt porózus polimerek, mint például a Nafion vagy a SPEEK (a szerkezetek az ábrán láthatók) a gyakorlatban nem válnak be ebben a rendszerben. Ha ezeket a membránanyagokat használnák, két ion áthatolhatna rajtuk, ami nemkívánatos eredményekhez vezethet. Az egyik ion megváltoztathatja a katód pH-ját, alternatív elektrodreakcióval befolyásolva a termék összetételét. Másrészt, ha a másik ion átáramlik a membránon, a katódtér közel semleges pH-ja megmaradna, de a pórusokba leváló szilárd anyag megakadályozza a hosszabb elektrolízist.

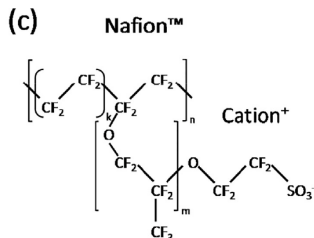
c) *Mi ez a két ion? Milyen irányban haladhatnak át a membránokon? Írd le az egyiknél említett melléreakciót és annak a szilárd anyagnak a képletét, amely a másik ion áramlása következtében a pórusokban képződne!*



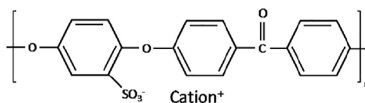
Ha az ioncserélő membrán a bal oldali polimerből készül, a helyzet javul. További kémiai reakciók még mindig valószínűek a katódtérben a magas szén-dioxid-koncentráció miatt.

d) *Mely ionok és milyen irányba haladhatnak át ezen az elválasztó membránon?*

Folyamatos működés esetén (kb. egy óra elteltével) a rendszer működése állandósul, és az anódtérből kilépő kétkomponensű gáznak csak 1/3-a lesz az oxigén.



SPEEK: sulfonated poly(ether ketone)

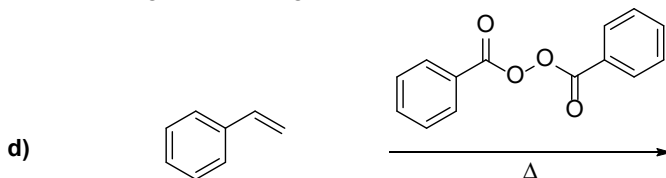
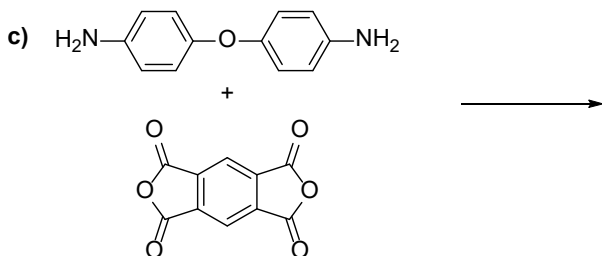
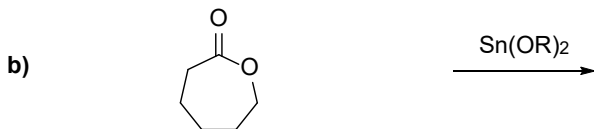
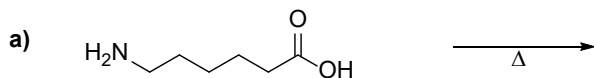


- e) Mi a gáz másik összetevője? A lejátszódó kémiai és elektrokémiai folyamatok sztöchiometriája alapján a membránon áthaladó különböző ionok közül melyik lesz az elsődleges töltéshordozó?
- f) Ideális elektrokémiai szelektivitás esetén a bemenő CO_2 hányad része alakul szén-monoxiddá ebben az állapotban?

(Magyarfalvi Gábor)

H409. A polimerizációs folyamatok hatalmas szerepet játszanak a petrokémiai és feldolgozóiparban, lehetővé téve olyan komplex műanyagok létrehozását, amelyek korábban elérhetetlenek voltak.

Az alábbi polimerizációs reakciókhoz rajzold fel a kapott polimerek ismétlődő egységeit! Ezenkívül osztályozd az egyes folyamatokat lépcsős vagy láncpolimerizációként!

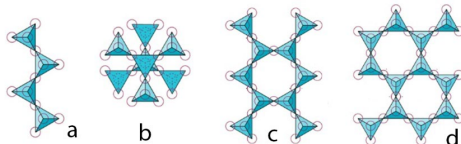


(diákolimpiai feladat)

H410. A Föld legnagyobb homoksivataga, a Rub'al Khali (الرُّبْعُ الْخَالِي) Szaúd-Arábia délkeleti részét borítja. A homokszemek leggyakoribb összetevői a szilícium-dioxid (SiO_2) és a különböző szilikátok. Az olivin, $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ és a gránát, $(\text{Mg,Fe,Mn})_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ vagy $\text{Ca}_3(\text{Al,Cr,Fe})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ csak két példa a sok szilikátásvány közül. A zárójeles elemek változó összetételű kristályszerkezetet jeleznek, amelyben különböző atomok kerülhetnek ugyanabba a helyzetbe a kristályban. Az olivin esetében ez azt jelenti, hogy bármelyik $x = 0-1$ esetén létezik $(\text{Mg}_{1-x}\text{Fe}_x)_2\text{SiO}_4$ kristály.

a) *Melyik gránátvázlatot szilícium-dioxid-tartalma a legkisebb? A képletét oxidok keverékeként írd le!*

Az ábrán poliszilikátionok vázlatos szerkezete látható, a SiO_4 tetraéderek feltüntetésével.



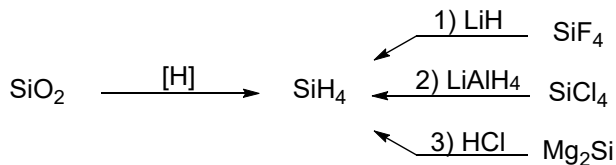
b) *Add meg az ábrán látható négy szerkezet töltését! Az a és c szerkezetek kiterjeszthetők egydimenziós, a d szerkezet pedig kétdimenziós polimer ionná. Keresd meg a polimerionok empirikus képletét!*

Jó néhány változatos színű drágakő is szilikát. Szaúd-Arábia délnyugati részén, Bisha környékén találtak berilleket, amelyek a smaragdok és akvamarinok ásványi családjába tartoznak.

A smaragd és az akvamarin analóg berill szerkezettel rendelkezik, és különleges zöld és kék a színük. A tiszta berill színtelen és Si, O, Al és Be tartalmú. 0,2024 g berill 0,0635 g Si-t és 0,0102 g Be-t tartalmaz. Egy másik ásvány, az égszínkék bazzit sztöchiometriája megegyezik a berillével, de az Al-t egy másik fém helyettesíti. A bazzit Si tömegtörtje 6,25%-kal tér el a berill Si tömegtörtjétől.

c) *Mi a két ásvány képlete?*

Az iparban a tiszta szilíciumot, az elektronikai ipar elsődleges félvezetőjét, szilánból (SiH_4) gyártják, amelyet SiO_2 redukciójával nyernek. Ezenkívül kisebb mennyiségben a szilán előállítható bizonyos szilíciumszármazékokból, például szilícium-halogenidekből (SiF_4 , SiCl_4) vagy fém-szilicidekből, például Mg_2Si -ből.



d) Írj egyenleteket a szilánképződés három számozott reakciójára!

Ezek a reakciók Si-tartalmú melléktermékeket eredményezhetnek. A melléktermékekből tekintsük **A**-t, **B**-t és **C**-t, amelyek mindegyike egyedi a három reakció egyikére. Molekulatömegük ebben a sorrendben nő: **B**, **C**, **A**. Az **A** vegyület 93,3 tömegszázalék Si-t tartalmaz. A **B** vegyület tömegspektrumából kiderül, hogy 101 g/mol az átlagos moláris tömege. A **B** molekulája két szimmetriasíkkal rendelkezik. Végül a **C** 73,1 tömegszázalék halogént tartalmaz.

e) Azonosítsd az **A**, **B** és **C** vegyületeket, és rendeld hozzájuk a megfelelő reakciókat!

(diákolimpiai feladat)

Megoldások

K468. a) Ha a szénhidrogén képlete C_xH_y , akkor

$$\frac{y}{12x + y} = 0,1$$

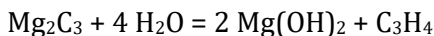
amiből $x : y = 3 : 4$.

mivel a gáz egy karbidból képződik, kicsi x -et várunk, így legyen $x=3$, ekkor $y=4$. C_3H_4 ez a propin képlete (illetve más izomereké is, de karbidból azok nem keletkezhetnek).

Innen már azt is tudjuk, hogy az anion az első karbidban a C_3^{4-} ehhez tartozik tehát két mólnyi fémion. Így

$$M_{fém1} = \frac{100 - 42,55}{42,55 : 12 : 3 \cdot 2} = 24,3 \text{ g/mol.}$$

Ez pontosan a magnézium moláris tömege, így az első karbid a Mg_2C_3 .



b) $CaC_2 + 2 H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$; $C_2H_2 + 2,5 O_2 = 2 CO_2 + H_2O$

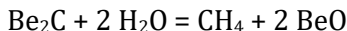
A tömegszázalék csak segítség.

c) Legyen a karbid képlete Me_zC . Számoljuk ki a moláris tömegeket a minimális és a maximális tömegszázalékokra!

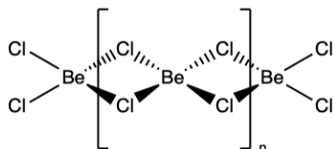
$$14,66 \frac{\text{g}}{\text{mol}} : z < M < 22,29 \frac{\text{g}}{\text{mol}} : z ;$$

$$14,66 \frac{\text{g}}{\text{mol}} < M \cdot z < 22,29 \frac{\text{g}}{\text{mol}} .$$

Az alumíniummal való hasonlóság miatt csak a berilliumra gondolhatunk, ekkor $z = 2$ és így a tömegszázaléknak meg is felel a Be_2C képletű karbid, hiszen $9 \cdot 2 = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ a szükséges intervallumba esik.



A polimer szerkezete:



A feladat könnyűnek bizonyult sok jó és majdnem hibátlan megoldás érkezett.

(Nemeskéri Dániel)

K469. A forró oldatból kiváló arany só 100,0 grammjában 47,88 g, azaz 0,2431 mol arany mellett 23,33 g, vagyis 1,458 mol oxigén található, a két atom anyagmennyiség-aránya 1:6. Feltételezve, hogy az oxoanion XO_4^{y-} képletű, a keresett ismeretlen elem (X) és az O-atomok anyagmennyiség aránya 1:4, vagyis a vizsgált 100,0 gramm sóban lévő $(100 - 47,88 - 23,33) \text{ g} = 28,79 \text{ g}$ ismeretlen elem anyagmennyisége az O-atomok mennyiségének negyede, azaz 0,3645 mol. Ezek alapján a keresett elem moláris tömege $28,79 \text{ g} / 0,3645 \text{ mol} = 78,98 \text{ g/mol}$, mely érték megfelel a szelén moláris tömegének. Az oldatból kivált só képlete tehát – figyelembe véve a számítások során kapott anyagmennyiség-arányokat – $Au_2(SeO_4)_3$. Az oldás egyenlete:



A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,7 pont, hibátlan megoldást 7 tanuló küldött be. Teljes értékű megoldásként csak azokat fogadtuk el, ahol a felírt egyenlet mellett a megoldás számítással is alá van támasztva.

(Vörös Tamás)

K470. a) A tartályban kezdetben a $pV=nRT$ összefüggés alapján $n_0 = (101,3 \text{ kPa} \cdot 20,0 \text{ dm}^3) / (8,314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}) = 0,818 \text{ mol}$ argon volt. Az $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ -on történő hőbomlást követően összesen $n_1 = (208,3 \text{ kPa} \cdot 20,0 \text{ dm}^3) / (8,314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}) = 1,681 \text{ mol}$ gáz volt a tartályban, mely az Ar mellett $1,681 \text{ mol} - 0,818 \text{ mol} = 0,863 \text{ mol}$, a hőbontás során keletkező gázt tartalmazott. A keletkezett gáz tömege $100,0 \text{ g} - 62,02 \text{ g} = 37,98 \text{ g}$, moláris tömege $37,98 \text{ g} / 0,863 \text{ mol}$, azaz $44,0 \text{ g/mol}$. Ez a gáz a CO_2 . A karbonátok hevítése során távozhat szén-dioxid, a kiindulási vegyület feltételezhetően vas(II)-karbonát volt, a hevítés egyenlete: $\text{FeCO}_3 = \text{FeO} + \text{CO}_2$. A keletkezett $62,02 \text{ gramm}$ FeO anyagmennyisége $0,863 \text{ mol}$, éppen annyi, mint a fejlődő szén-dioxidé, azaz valóban az előbbi folyamat játszódott le.

b) A $730 \text{ }^\circ\text{C}$ -os hevítést követően szintén $1,681 \text{ mol}$ gáz volt a tartályban, melyből a hevítés során keletkezett $0,863 \text{ mol}$ gázelegy, ennek átlagos

moláris tömege $(100,0 - 66,62) \text{ g} / 0,863 \text{ mol} = 38,68 \text{ g/mol}$. Feltételezhető, hogy ez egy CO – CO₂ elegy, melyre felírható az $x \cdot 28 + (1 - x) \cdot 44 = 38,68$ összefüggés, ahol $x = 0,333$. Tehát a gázelegy 33,3 n/n% CO mellett 66,7 n/n% CO₂-ot tartalmaz, a két gáz anyagmennyiség-aránya 1:2. Ezek alapján a 730 °C-on lejátszódó bomlás egyenlete: $3 \text{ FeCO}_3 = \text{CO} + 2 \text{ CO}_2 + \text{Fe}_3\text{O}_4$. Kiszámítható, hogy az előbbi reakcióegyenlet szerint a 100 g vas(II)-karbonátból valóban 66,62 gramm Fe₃O₄ keletkezik.

c) A tartály tartalma a harmadik kísérletben 0,818 mol levegő volt kiinduláskor, melynek 21,0 %-a, azaz 0,172 mol volt O₂, a maradék 0,646 mol pedig N₂. Levegőben történő hevítés során a kiindulási vegyület vastartalma Fe(III)-oxidá, széntartalma szén-dioxidá oxidálódik, a lejátszódó reakció: $2 \text{ FeCO}_3 + 0,5 \text{ O}_2 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{ CO}_2$. 20,00 gramm kiindulási anyag anyagmennyisége 0,173 mol, melyből ugyanekkora anyagmennyiségű CO₂ keletkezik és a folyamat során elfogy 0,0432 mol O₂. A reakció végén a tartályban lévő gáz anyagmennyisége 0,646 mol N₂ + 0,173 mol CO₂ + 0,129 mol O₂, azaz összesen 0,948 mol.

Ennek nyomása 25 °C-on a $pV = nRT$ összefüggés alapján $(0,948 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}) / 20,0 \text{ dm}^3 = 117 \text{ kPa}$. A tartályban maradt szilárd anyag 0,0863 mol Fe₂O₃, melynek tömege 13,8 gramm.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,4 pont, hibátlan megoldást Vékony Zalán és Simon Dániel János küldött be. Néhány esetben a felírt egyenleteket a megoldók számítással nem támasztották alá, ezeket nem fogadtuk el teljes értékű megoldásként.

(Vörös Tamás)

K471. a) Az 5 dm³ vér 60%-a, azaz 3 dm³ vérplazma, melyben a kloridion koncentrációja 0,113 – 0,116 mol/dm³. Ez alapján a vérplazmában lévő kloridion mennyisége 0,339 – 0,348 mol, tömege 12,0 – 12,4 gramm.

b) Az a) feladatrészben kapott 12,0 – 12,4 gramm a 95 grammnak 12,6 – 13,1%-a.

c) A fiziológiás sóoldat sűrűségét 1,0 g/cm³-nek véve 1 dm³, azaz 1000 cm³ ilyen oldat tömege 1000 g. Ebben van oldva 8,7 g, azaz 0,149 mol NaCl, az összes oldott ion mennyisége ennek kétszerese, vagyis 0,298 mol. Tehát az összkoncentráció 298 mmol/dm³. Mivel ál-

landó T esetén $p_{\text{ozmózis}}$ egyenesen arányos az ionok összkoncentrációjával, ezért elegendő azt megvizsgálnunk, hogy a sejtplazma 4 – 5 mmol/dm³-es kloridion koncentrációja a fenti érték hány százaléka. Ez az érték $(4/298 - 5/298) \cdot 100\%$, azaz 1,3 – 1,7%.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,9 pont, hibátlan, szép megoldást Bencze Kinga és Gáspár Réka küldött be. Néhány esetben a megoldók a fentiekben megadott értéktartományok átlagát adták meg válaszként, ezt is teljes értékű megoldásként fogadtuk el.

(Vörös Tamás)

K472. a) A dodekaédert 12 db szabályos ötszöglap alkotja, összesen 20 csúcsa van. Jelölje Z_A az A, Z_B a B atomok rendszámát és egyben elektronszámát is. Ekkor a dodekaéder egy lapjára felírható, hogy $5Z_A + Z_B = 334$. A teljes test 20 db A és 12 db B atomot tartalmaz, a 6 negatív töltéssel együtt ez összesen 1974 elektront jelent, azaz felírható, hogy $20Z_A + 12Z_B + 6 = 1974$. A két egyenlet megoldása $Z_A = 51$ és $Z_B = 79$, tehát az A jelű atom az antimon, míg a B jelű atom az arany. Az anion vázát 20 db Sb-atom és 12 db Au-atom alkotja, összegképlete $\text{Sb}_{20}\text{Au}_{12}^{6-}$.

b) Az ábrán látható szerves vegyület összegképlete $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_6\text{N}_2$, egy káliumionnal együtt a moláris tömege 415,57 g/mol. Az a) feladatrészen kapott anion moláris tömege 4798,64 g/mol, melyet kivonva a kérdéses vegyület moláris tömegéből $(6915,64 - 4798,64)$ g/mol = 2117 g/mol adódik. Ez x mol, káliumiont is magában foglaló $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_6\text{N}_2$ és a fém-fullerén belsejében lévő ion moláris tömegének (M_{Me}) az összege. Ez alapján felírható, hogy $415,57x + M_{\text{Me}} = 2117$. Ebből $x = 5$ esetén adódik kémiailag helyes megoldás, ekkor $M_{\text{Me}} = 39,1$ g/mol, ami a kálium moláris tömege, tehát a keresett ion a káliumion.

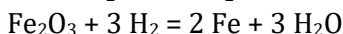
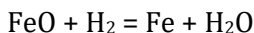
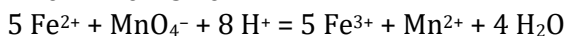
c) Az ion magas szimmetriája ellenére több szempontból is túlzó a fém-fullerén elnevezés, például: az aniont nem csak egyféle atom alkotja; töltéssel rendelkező részecske, nem molekula; tartalmaz a szerkezeti vázon belül további iont. Az antimon pedig valójában egy félfém.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 9,3 pont, hibátlan, szép megoldást küldött be Takách Máté, Molnár Kristóf István és Simon Dániel János. Az a) feladatrészen egy-egy számolási hiba, illetve hi-

básan felírt egyenlet ellenére is sikerült megtalálni a megoldóknak a kérdéses elemeket. A feladat b) része a nagy moláris tömegek miatt érzékeny a kerekítésre, a kation azonosításában ez azonban nem okozott gondot. A feladatban szereplő „fém-fullerén”-nel kapcsolatos cikk 2023 novemberében jelent meg a Science folyóiratban „An all-metal fullerene: [K@Au₁₂Sb₂₀]⁵⁻” címmel.

(Vörös Tamás)

K473. a) A lejátszódó reakciók:



b) A kiindulási porkeverék összetétele:

$$n(\text{Fe}) = 3,956 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n(\text{FeO}) = 2,290 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 5,298 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

A hidrogénfejlődésért az az elemi vas a felelős, amely a szinproporciós reakció után megmarad. A keletkező H₂ anyagmennyisége ezzel egyenlő:

$$n(\text{H}_2) = n(\text{Fe}) - n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3,426 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

A képződő gáz térfogata standard légköri nyomáson és 25 °C-on tehát 838 cm³.

A kénsavas oldás végén a minta teljes vastartalma Fe²⁺ formában lesz jelen; az összanyagmennyiség:

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 7,305 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

A titrálás során ezzel reagál:

$$n(\text{MnO}_4^-) = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{20} \cdot n(\text{Fe}^{2+}) = 7,305 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

A várható fogyás tehát 37,27 cm³.

A hidrogénes redukcióban keletkező víz anyagmennyisége

$$n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{FeO}) + 3n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3,879 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

A gázmosó várt tömegnövekedése tehát 0,6988 g.

c) Az adatokból elvileg felírható egy egyenletrendszer. Jelölje x , y és z rendre az Fe, az Fe^{2+} és az Fe^{3+} anyagmennyiségét.

$$x + y + z = 7,305 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad (1)$$

$$y + 1,5z = 3,879 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad (2)$$

$$x - 0,5z = 3,426 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad (3)$$

$$x \cdot M(\text{Fe}) + y \cdot M(\text{FeO}) + 0,5z \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 4,700 \text{ g} \quad (4)$$

Ha alaposan szemügyre vesszük, akkor rá kell jönnünk, hogy valójában csak két független egyenletünk van. Az könnyen látható, hogy a (3) egyenlet az (1) és (2) különbsége, tehát azoktól nem független.

A hidrogénes redukcióval keletkező víz mennyisége a minta oxigéntartalmát mutatja meg, míg a titrálásból a minta teljes vastartalma adódik. Ennek a kettőnek az összege nyilvánvalóan a minta teljes tömege, tehát a (4) egyenlet nem független az (1) és (2) egyenletektől.

Végeredményben tehát az egyenletrendszer nem oldható meg: a minta összetételét nem lehetne meghatározni a fejlődő hidrogéngáz, a titrálásra fogyott permanganát és a hidrogénes redukcióban keletkező víz tömegéből.

d) Mivel a permanganát a kloriddal is reakcióba lép, a permanganátos titrálás során nagyobb fogyást kaptunk volna.

A feladat nem bizonyult egyszerűnek. A b) feladatrészben annak felismerése okozott problémát, hogy a kénsavas oldás végén a minta teljes vastartalma Fe^{2+} formában lesz jelen. A c) feladatrészben pedig egyedül Molnár Kristóf István ismerte fel, hogy nincs három független egyenletünk a háromismeretlenes egyenletrendszer megoldásához.

(Zagyi Péter)

K474. Jelölje M a keresett vegyület moláris tömegét! A $7,000 \text{ g/dm}^3$ -es oldat anyagmennyiség-koncentrációja $7,000/M \text{ mol/dm}^3$, benne az egyensúlyi H^+ és anion (A^-) koncentráció $3,273 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, míg a disszociálatlan molekulák (HA) egyensúlyi koncentrációja $(7,000/M - 3,273 \cdot 10^{-3}) \text{ mol/dm}^3$. A pontosan 3-as pH-jú oldat esetén az egyensúlyi koncentrációk: $[\text{H}^+] = [\text{A}^-] = 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, valamint $[\text{HA}] = (7,000/M/9,865 - 10^{-3}) \text{ mol/dm}^3$. Mivel a savállandó értéke a két oldat esetén azonos, felírható a következő összefüggés:

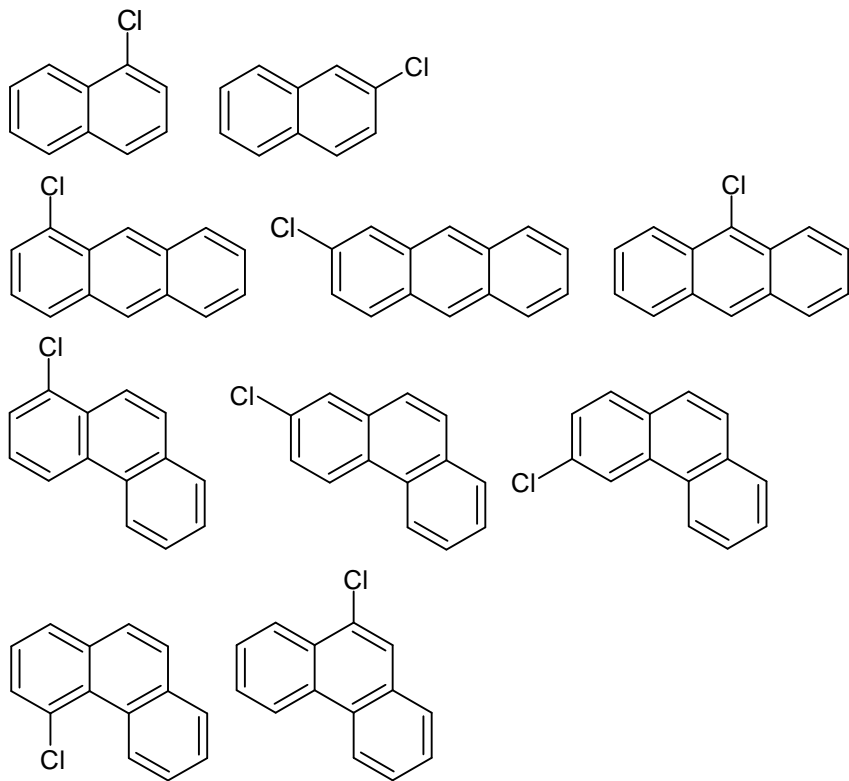
$$(3,273 \cdot 10^{-3})^2 / (7,000 / M - 3,273 \cdot 10^{-3}) = (10^{-3})^2 / (0,7096 / M - 10^{-3})$$

Ebből $M = 80,8$ g/mol adódik, az anion moláris tömege ez alapján 79,8 g/mol. Ez jó közelítéssel a Br moláris tömege, azonban a HBr erős sav, tehát ez nem lehet megoldása a feladatnak. Ezek szerint az anion tartalmaz hidrogént, képlete HSe^- , míg a keresett vegyület a H_2Se .

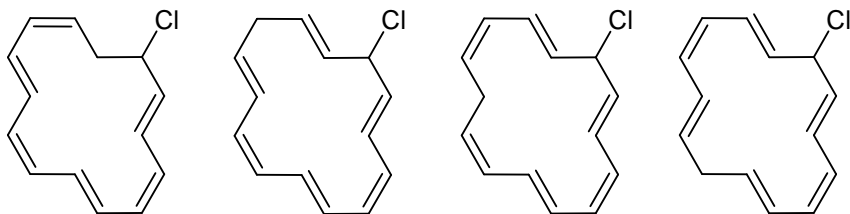
A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 9,5 pont, a beküldők többsége helyesen oldotta meg a feladatot. Többen azt is ellenőrizték, hogy a feladat adatai alapján kapott savállandó megfelel a H_2Se irodalmi K_s értékének.

(Vörös Tamás)

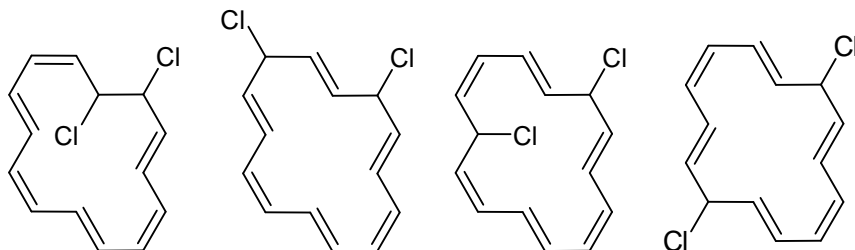
K475. a) A naftalin esetén 2, az antracén esetén 3, a fenantrén esetén 5 monoklór-származék létezik:



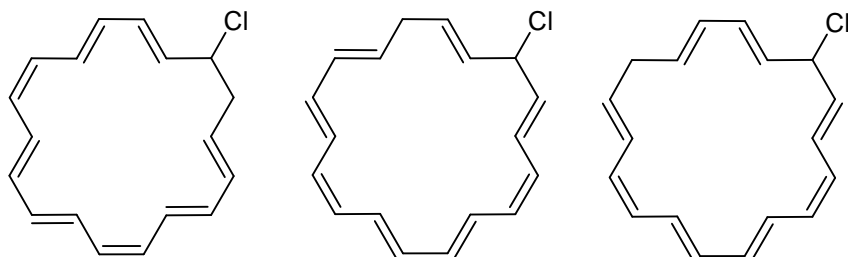
b) A kérdéses cikloalkapoliének konjugált rendszerek, ami az addíciós reakciókban is megnyilvánul. Nem csak 1,2 helyzetű addíció lehetséges ugyanis, hanem 1,4-, 1,6-, 1,8- stb. addíció is. Ennek megfelelően a ciklotetradekaheptaén esetén elvileg a következő termékek várhatók a HCl-addícióban:

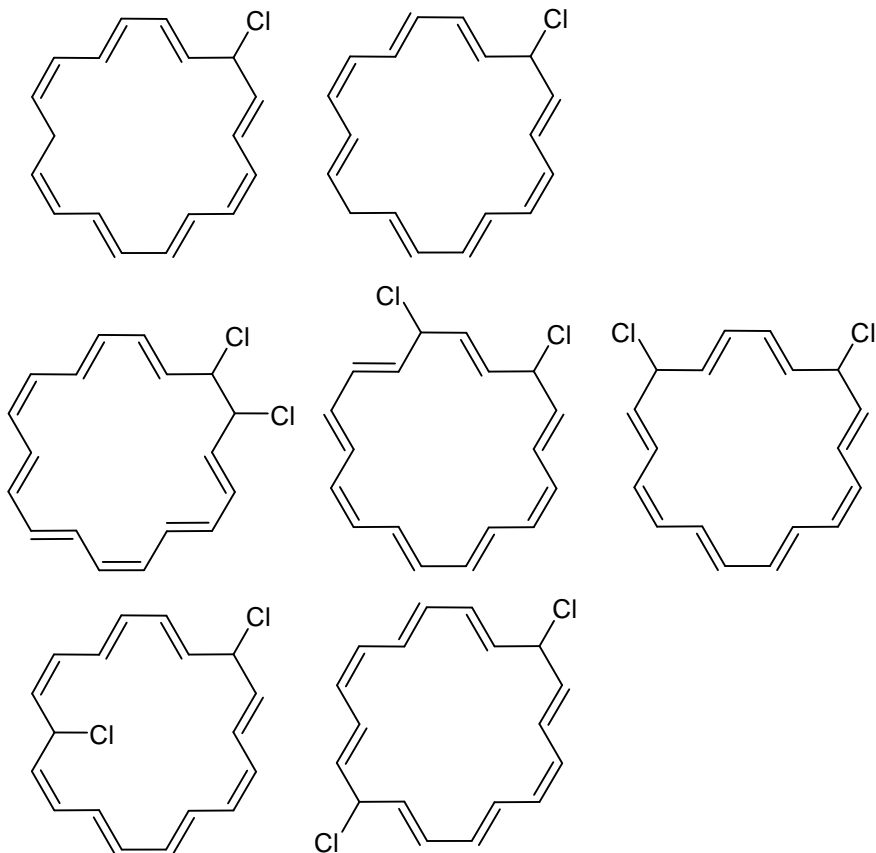


A klóradddícióban pedig ezek:



A ciklootadekanonaén esetén a várható termékek:



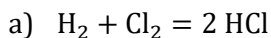


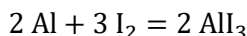
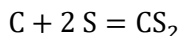
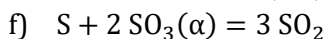
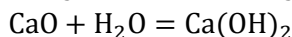
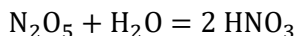
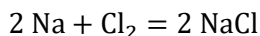
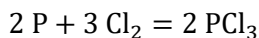
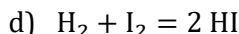
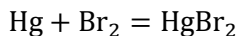
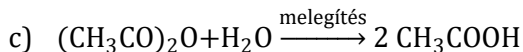
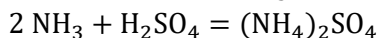
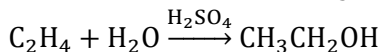
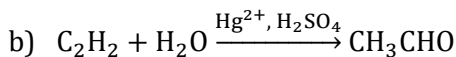
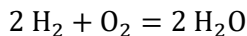
(Jegyezzük meg, hogy ezek csak elméleti megfontolások, ugyanis a szakirodalomban egyik cikloalkapolién esetén sem találunk HCl vagy Cl₂ addícióról szóló információkat.)

Az a) feladatrésze a megoldók nagy többsége hibátlan választ adott, a b) feladatrészen viszont senki nem gondolt arra, hogy a konjugált szerkezet miatt elvileg nem csak 1,2-addíció lehetséges.

(Zagyai Péter)

H396.





A c) kérdésnél látható első reakció az ecetsav-anhidrid hidrolízise. Az utolsó kérdésben szereplő $\text{SO}_3(\alpha)$ a kén-trioxidnak, egy polimer módosulatát jelöli. Ebben, és az e) kérdésnél szerepelő nagyon hasonló reakcióban melegítés hatására egy egyensúlyi reakcióban a kén-trioxidból oxigén és kén-dioxid keletkezik. Az egyensúlyt a kénnel elreagáló oxigén mennyiségének csökkenése tolja el.

A figyelmes olvasó észrevehette, hogy egy részkérdésre nem írtunk példát. Ez a két folyadék reakciójából egyetlen gáz halmazállapotú termékhez vezető reakció volt. A hiány oka, hogy sem a versenyzőknek, sem pedig a példamegoldás készítőjének nem sikerült megfelelő reakciót találnia.

A 18 rész kérdés közül 15-re kellett megfelelő példát mutatni a tíz pont megszerzéséhez. Ez sokaknak sikerült, így az átlagpontszám alig maradt el a kilenc ponttól.

(Ficsór István Dávid)

H397. a) Az égés magas hőmérsékletű gázelegyet hoz létre, aminek nagyobb a térfogata, mint az eredeti hideg gázé. A nagyobb térfogatú gáz létrejötte az egyik végén zárt csőben „megtolja” a lángfrontot, emiatt lesz nagyobb a lángterjedés sebessége ebben az esetben.

b) A levegő összetétele 21% O₂ és 79% N₂, tehát az O₂ – N₂ mólarány 1:3,76. Az égés bruttó egyenlete: C₂H₆ + 3,5 O₂ = 2 CO₂ + 3 H₂O. Egy mól etán sztöchiometrikus égése esetén az eredeti elegy összetétele 1 mól C₂H₆, 3,5 mól O₂ és 13,17 mól N₂ (összes mólszám 17,67), az égés után pedig 2 CO₂, 3 H₂O és 13,17 mól N₂ (összes mólszám 18,17).

Az ideális gáz egyenlete alapján teljesül a $p_1V_1 = n_1RT_1$ és $p_2V_2 = n_2RT_2$, ahol az 1 és 2 indexek a lángfront előtti illetve utáni gázelegyre vonatkoznak. A lángfront előtt és után a nyomás ugyanakkora, tehát $p_1 = p_2$. Ennek következtében $n_1RT_1 / V_1 = n_2RT_2 / V_2$, azaz $V_2 = (n_2 / n_1)(T_2 / T_1)V_1$.

Egy A keresztmetszetű csőben, v sebességű lángfront hatására t idő elteltével $V_1 = vAt$ térfogatú hideg gáz alakul át és $V_2 = (n_2 / n_1)(T_2 / T_1)vAt$ térfogatú forró gáz keletkezik. Mivel a lángfront mindig a forró gázelegynek a cső nyitott vége felé eső végén van, a lángfront terjedési sebessége $v_2 = (n_2 / n_1)(T_2 / T_1)v$. A példában leírt esetben

$$v_2 = (18,17/17,67) (2200/300) 0,38 \text{ m/s} = 2,87 \text{ m/s.}$$

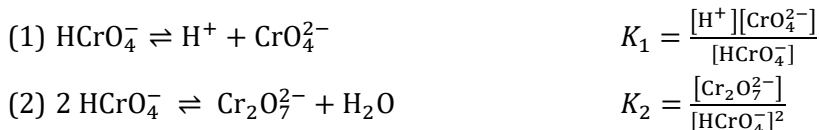
A feladatra egyedül Viczkó Csaba Péter adott teljes és pontos megoldást. Rajta kívül még többen helyesen értelmezték, miért terjed a láng gyorsabban, ha a cső zárt végénél gyújtjuk be a gázelegyet.

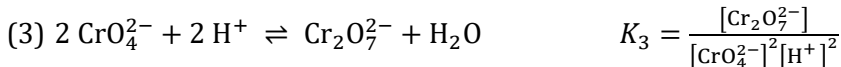
(Turányi Tamás)

H398. a) Figyelembe véve, hogy a dikromácionok két, a másik két vizsgált ion egy-egy krómatomot tartalmaz, az összes krómtartalom a következő egyenlettel írható fel:

$$[\text{Cr}]_{\text{össz}} = [\text{HCrO}_4^-] + [\text{CrO}_4^{2-}] + 2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$$

Az egyes specieszek közt páronként a következő egyensúlyi állandókkal jellemezhető egyensúlyi reakciók teremtenek kapcsolatot:





Látható ugyanakkor, hogy a 3 reakció nem független egymástól, egyensúlyi állandók között a következő összefüggés teremt kapcsolatot:

$$K_3 = \frac{K_2}{K_1^2}$$

(Természetesen mindhárom reakció elfogadható a reaktáns és a termékoldal megcserélésével történő felírásban is. Ekkor az egyensúlyi állandók kifejezései az előbb felírt törtek reciprokaira változnak.)

b) Az elválasztó vonalak mindig ahhoz az egyensúlyi állandóhoz tartoznak, mely az elválasztó vonal két oldalán lévő két speciesz közt teremt kapcsolatot. Ez könnyen látható, ha belegondolunk abba, hogy az elválasztó vonal egyik oldalán az egyik, másik oldalán a másik vizsgált speciesz van jelen legnagyobb mértékben, így határesetben, azaz a határoló vonalon a koncentrációknak éppen meg kell egyeznie. Így a K_1 állandóhoz a zöld, a K_2 állandóhoz a piros, a K_3 állandóhoz pedig a kék elválasztó vonal tartozik.

A feladatban szereplő diagram segítségével mindhárom egyensúlyi állandó értéke megbecsülhető. Ehhez célszerű azt a pontot tekintenünk, ahol a három határoló vonal találkozik. Az előző bekezdésben írt megfontolás szerint itt páronként megegyezik bármely két vizsgált krómtartalmú ion koncentrációja, következésképpen mindhárom koncentrációja megegyezik. Legyen ez a koncentráció:

$$c = [\text{HCrO}_4^-] = [\text{CrO}_4^{2-}] = [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$$

Ezt beírva az összes krómtartalmat kifejező egyenletbe:

$$[\text{Cr}]_{\text{össz}} = [\text{HCrO}_4^-] + [\text{CrO}_4^{2-}] + 2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = c + c + 2c = 4c$$

A diagram alapján a három határoló vonal metszéspontjában $\text{pCr}=1,5$, $\text{pH}=5,9$ (a javítás során tetszőleges 1,4 és 1,6 közti, valamint 5,8 és 6,0 közti értéket elfogadtunk). Ez alapján:

$$[\text{Cr}]_{\text{össz}} = 10^{-1,5} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,0316 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}, \text{ innen } c = \frac{0,0316 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{4} = 0,00791 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-5,9} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ezen értékeket az a) feladatrészben felírt egyensúlyi állandók kifejezésébe behelyettesítve, azok becült értéke kiszámítható:

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{HCrO}_4^-]} = \frac{[\text{H}^+] \cdot c}{c} = [\text{H}^+] = 1,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$K_2 = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{HCrO}_4^-]^2} = \frac{c}{c^2} = \frac{1}{c} = 130 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

$$K_3 = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{CrO}_4^{2-}]^2[\text{H}^+]^2} = \frac{c}{c^2 \cdot [\text{H}^+]^2} = \frac{1}{c \cdot [\text{H}^+]^2} = \frac{K_2}{K_1^2}$$

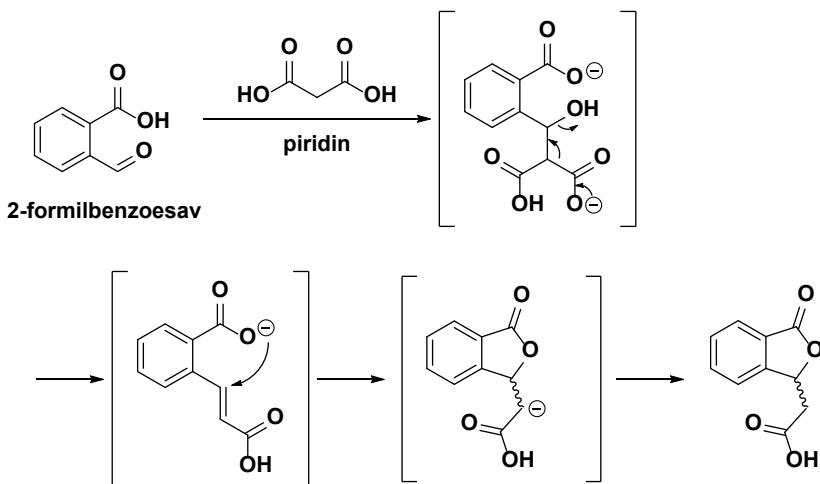
$$= 8,0 \cdot 10^{13} \frac{\text{dm}^9}{\text{mol}^3}$$

(Amennyiben valaki az a) feladatrészben az egyes reakciókat a reaktáns és a termékoldalt felcserélve írta fel, úgy az itt feltüntetett egyensúlyi állandók reciprokait kapta. Ez a megoldás is teljes értékű.)

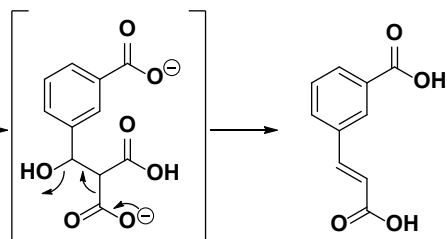
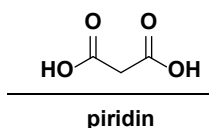
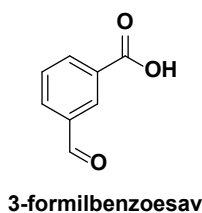
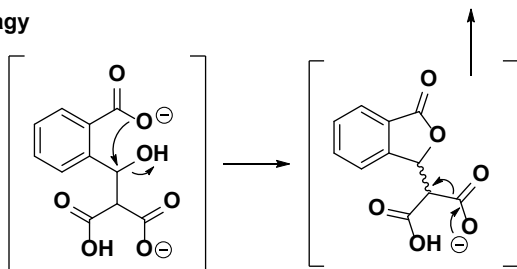
A feladat a) része nem okozott gondot a versenyzőknek, itt az átlagpontszám 3,81 pont volt a maximális 4 pontból. A b) rész már fejtörést okozott néhány versenyzőnek, itt az átlagpontszám 4,00 volt a maximális 6 pontból. Így összességében az átlagpontszám 7,81 lett.

(Csorba Benjámin)

H399. A feladatban szereplő két reakció és mechanizmusuk a következő (a végtermékek utólagos savanyítás után értendők):



vagy

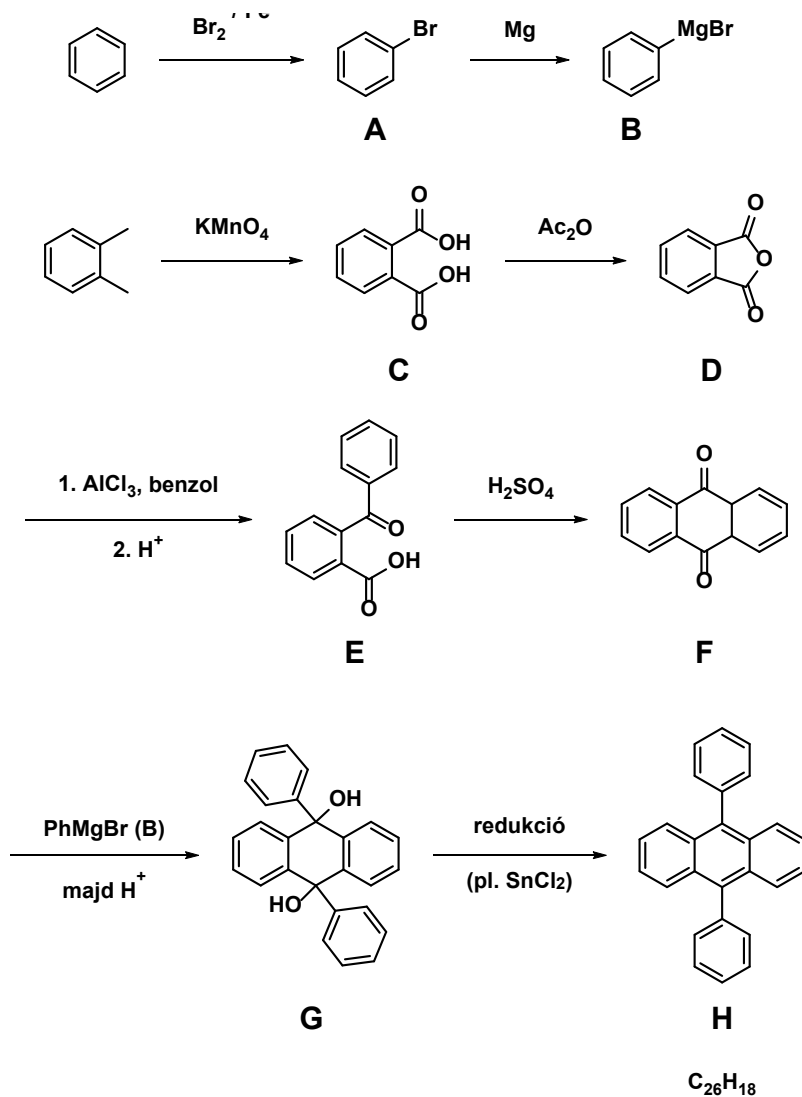


Mindkét kiindulási anyag esetén megfigyelhetünk egy azonos reaktivitást: egy Knoevenagel-kondenzáció megy végbe Doebner módosítása szerint, ahol dekarboxilezés kíséri a kondenzációt. Mindkét esetben valószínűleg az *E* konfigurációjú kettőskötés képződése a kedvezményezett. Ezután azonban a 2-formilbenzoésav tovább képes reagálni oxa-Michael addíciós reakcióban a képződő elektronszegény kettőskötés és a karboxilcsoport oxigénatomjának kellő térbeli közelsége miatt. Ugyanezen vegyületnél azonban alternatív mechanizmusként a hidroxilcsoport közvetlen szubsztitúciója és az utólagos dekarboxileződés is kellően logikus útvonal, a kettő közt igazságot csak alapos mechanizmusvizsgálattal lehetne tenni.

Többen megálltak a feladatban azon a ponton, ahol még szerves kémiai értelemben nem különböztek jobban a termékek, mint a kiindulási anyagok. Ahogy a számolási feladatoknál annak menete, úgy szerves kémiai feladatoknál a mechanizmus felrajzolása teszi igazán átláthatóvá a megoldást, és néha a hibás szénatomszámok elkerülésében hasznos, legközelebb célszerű erre jobban figyelni.

(Szobota András)

H400. A feladatban szereplő reakcióséma a következő:



A benzol először aromás elektrofil szubsztitúciós reakcióban brómbenzollá (**A**) alakul, amelyből magnézium hozzáadásával fenilmagnéziumbromidot (**B**) képzünk (fenil Grignard-reagens). Az orto-xilolt kálium-

permanganáttal erőteljes oxidációban ftálsavvá (**C**) alakítjuk, majd ecet-savanhidridet, mint vízelvonószert használva ftálsav-anhidridet (**D**) állítunk elő. Ezt Fridel-Crafts-reakcióban reagáltatjuk benzollal. Az ilyen körülmények között csak egyszeres acileződést (**E**) követően erősen savas közegben további kondenzációra bírjuk a terméket, így antrakinont (**F**) előállítva. Utóbbit 2 ekvivalens **B** reagenssel reagáltatva kapjuk **G** tercier alkohol származékot. Redukcióval ebből végül a stabil, kiterjedt aromás rendszerrel rendelkező 9,10-difenilantracént (**H**) állítjuk elő, ami például világítórudakban használható festékként.

A feladatot a legtöbben kiválóan meg tudták oldani. Apró figyelmetlenségként többször előfordult az antracén aromás rendszerének félrerajzolása.

(Szobota András)