

GONDOLKODÓ



Feladatok

Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Zagyi Péter

A megoldásokat 2025. április 14-ig lehet a kokel.mke.org.hu honlapon keresztül feltölteni.

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.

K517. Keress olyan egyszerű ionokból áll binér (két elem alkotta) vegyületeket, amelyekben a kationokban lévő elektronok száma n -szerese az anionokban lévő elektronok számának!

- a) $n = 1,8$
- b) $n = 2,4$
- c) $n = 4,5$
- d) $n = 4,8$

(Zagyi Péter)

K518. Az alkálifémeknek és az alkáliföldfémeknek létezik olyan hidridje, amelyben H^- anion található. Ezek az anyagok vízből és savoldatokból ugyanúgy hidrogént fejlesztenek, mint maguk a fémek, és emellett szintén fém-hidroxid, ill. a megfelelő fémsó képződik.

Vendel egy olyan fém–fém-hidrid keveréket szeretne, amelynek 1 grammjából 1 dm^3 hidrogén fejlődik (standard légköri nyomáson és 25°C -on mérve). Feltétel még, hogy csak egyféle fémet tartalmazzon.

- a) *Mely fém–fém-hidrid párral (vagy párokkal) oldható meg a feladat?*

b) *A lehetséges esetekre számold ki a két komponens tömegarányát!*

(Zagyi Péter)

K519. Magnéziumpor és magnézium-klorid keverékének x grammját y g sztöchiometrikus mennyiségű sósavval reagáltatjuk. A keletkező oldat z tömegszázalékos lesz a benne oldott egyetlen anyagra nézve.

Vendel azt szeretné, hogy x , y és z helyére az 5, a 10 és a 100 kerüljön valamilyen sorrendben.

a) *Párosítsd az ismeretleneket a megfelelő számértékkel!*

b) *Határozd meg, hogy milyen összetételű porkeverék és milyen töménységű sósav szükséges!*

(Zagyi Péter)

K520. Vendel és a számmisztika level sok. Most olyan természetes nuklidokat keres, amelyekben a neutronok és a protonok számának különbsége a harmadik héján lévő elektronok számának harmada, a tömegszám és a rendszám különbsége pedig egy bármelyik másik elektronhéján lévő elektronok számának háromszorosa. (Nem lehet 0 egyik szám sem.) Ez már túlmegy bizonyos határokon.

a) *Mégis keresd meg az összes ilyen nuklidot!*

Vendel azt találta, hogy 3-nál nagyobb számmal nem talál egyetlen megfelelő nuklidot sem. (Ha tehát úgy módosítja a feladatot, hogy az n . héjon lévő elektronok számának $1/n$ része, ill. bármelyik héjon lévő elektronok számának n -szerese szerepel, ahol $n > 3$.)

b) *Indokold meg, hogy miért!*

(Zagyi Péter)

K521. Vendel azt a feladatot kapta a laborvezetőtől, hogy állapítsa meg néhány porkeverék összetételét. A lehetséges összetevők: szódabikarbóna, vízmentes nátrium-karbonát és kristálysóda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Nem biztos, hogy egy mintában mindegyikből van, sőt az is lehet, hogy csak egyetlen anyagot tartalmaz.

Azt találta ki, hogy ismert tömegű mintát $150\text{ }^\circ\text{C}$ -on tömegállandóságig hevít, az eltávozó gázt pedig tömény kénsavoldatot tartalmazó gázmo-

són vezeti át. Méri a minta tömegcsökkenését és a gázmosó tömegnövekedését, és ebből próbálja kiszámolni az összetételt. Nem volt egészen biztos benne, hogy működik a módszer, de azért kipróbálta. A mérési eredményeit az alábbi táblázatban foglalta össze:

A minta sorszáma	Tömeg (g)	Tömegcsökkenés (g)	A gázmosó tömegnövekedése (g)
1.	0,800	0,400	0,400
2.	7,000	2,000	0,581
3.	0,666	0,242	0,198

- a) Mely esetekben tudja meghatározni a méréseiből a minta összetételét?
- b) Amelyiknél lehetséges, számítsd ki a tömegszázalékos összetételt!

(Zagyai Péter)

K522*. Miután Vendel az előző feladatot sikeresen megoldotta, a laborvezető kicsit nehezített. Az újabb mintákban már ammónium-hidrogén-karbonát is lehetett az másik három összetevő mellett. Vendel kitartott az eredeti elképzelésénél, és elvégezte a méréseket.

A minta sorszáma	Tömeg (g)	Tömegcsökkenés (g)	A gázmosó tömegnövekedése (g)
4.	0,800	0,400	0,400
5.	0,800	0,800	0,443
6.	0,300	0,158	0,070
7.	2,000	0,350	0,100

- a) Mely esetekben tudja meghatározni a méréseiből a minta összetételét?
- b) Amelyiknél lehetséges, számítsd ki a tömegszázalékos összetételt!

Vendel az egyik adatsornál arra gyanakodott, hogy valami hiba csúszott a mérésbe vagy az adatrögzítésbe.

c) *Valóban van olyan adatsor, amely elvileg lehetetlen esetet mutat? Ha igen, igazold számítással!*

(Zagyi Péter)

K523*. Vendel számtalan gyerekkori traumájának egyike az, amikor egy kémiadolgozatban arra a kérdésre kellett válaszolni, hogy hány tömegszázalékos oldat képződik, ha 13,84 g anyagot feloldunk 100,0 g vízben. Az ő válasza $100/13,84 = 7,225 \text{ m/m}\%$ volt, amire a tanára halálfejes egyest adott, mondván ekkora szarvashibát ritkán látni.

Megfogadta, hogy bebizonyítja az „igazát”. Ha maga a gondolatmenet nem is jó (finoman szólva), de a végeredmény igenis lehet helyes. Hosszas keresgélés után talált egy olyan kloridsót, amely szinte tökéletesen megfelel. Azóta ez az egyik kedvenc anyaga.

Mi lehet ez a vegyület?

(Zagyi Péter)

K524*. Két viszonylag kis molekulájú szerves vegyületet vizsgálunk, melyek konstitúciós izomerek. Mindkettő folyékony szobahőmérsékleten, forráspontjuk 200 °C körüli. Szénláncuk elágazást nem tartalmaz, tétizomerjeik nincsenek.

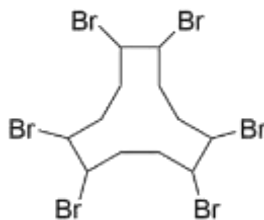
Ha a vegyületeket kálium-hidroxiddal reagáltatjuk, akkor mindkettő káliumsóvá alakul, de ezek elemi összetétele eltérő. Az egyik 31,48 m/m% K-t és ennél kevesebb O-t tartalmaz, míg a másik 27,49 m/m% K-t és ennél több O-t, mindkettőben szén és hidrogén mellett.

Számítással határozd meg a vegyületek képletét és rajzold fel a lehetséges konstitúciókat!

(Zagyi Péter)

H426. Az 1,2,5,6,9,10-hexabrom-ciklododekánnak (HBCD) számos sztereoizomere létezik; ezek közül sok keletkezik is a szintézis során. A kapott keveréket polisztirolhab lánggátló adalékaként használják.

- a) Rajzold le a HBCD összes sztereoizomerjét, jelölve, hogy melyek királisak és melyek akirálisak. Érdekes az alapvázat az ábrának megfelelően felrajzolni.



A HBCD-ről ma már az is ismert, hogy jelentős toxicitási problémákkal jár, és lassan bomlik le a környezetben. Ráadásul a különböző izomereknek eltérő a toxicitása és különböző sebességgel bomlanak le.

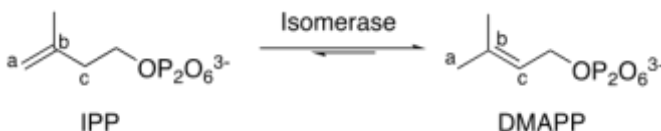
A HBCD-t a ciklododeka-1,5,9-trién brómozásával állítják elő. A ciklododeka-1,5,9-triének négy izomerje lehetséges: (i) *cisz,cisz,cisz*; (ii) *cisz,cisz,transz*; (iii) *cisz,transz,transz*; és (iv) *transz,transz,transz*.

- b) Feltételezve az alkének standard brómozási mechanizmusát, határozd meg, hogy a négy lehetséges kiindulási anyag mindegyikéből melyik HBCD-izomer keletkezik!

- c) Tekintettel arra, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható HBCD termékről azt írják, hogy „három fő diasztereoizomert” tartalmaz, meg lehet-e határozni, hogy a kereskedelmi szintézishez melyik ciklododeka-1,5,9-trién izomert használták kiindulási anyagként?

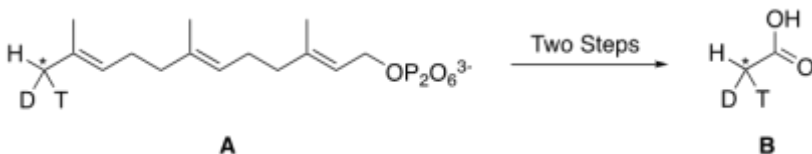
(diákolimpiai feladat)

H427. 1975-ben a kémiai Nobel-díjat Sir John Cornforth kapta az enzimkatalizált reakciók sztereokémiájával kapcsolatos munkájáért. Ebben a kérdésben egy konkrét enzimátikus átalakulást vizsgálunk: az izopentenil-pirofoszfát (IPP) izomerizációját dimetilallil-pirifoszfáttá (DMAPP), amit az izopentenil-pirifoszfát-izomeráz enzim katalizál.



A reakció kétlépéses: proton eltávolítása a c szénatomról és proton addíciója az a szénatomhoz. A második lépés sztereokémiájának meghatározásához az IPP-ben az a szén egyik protonját tríciummal (^3H , T) jelölték. Az izomerizációs reakciót D_2O -ban végezték el, úgy, hogy az a szén-

hez egy deutérium (^2H , D) kapcsolódjon. A végtermék az így kapott, három különböző H izotópot tartalmazó metilcsoport miatt királis (egy CH_3 csoport). A királis DMAPP terméket egy másik enzim csapdázta, amely két molekula IPP-t irreverzibilisen kondenzált hozzá, és az **A** termék képződött. A metilcsoport kiralitását egy ötletes módszerrel határozzák meg, amiben először a jelölt metilcsoportot tartalmazó királis **A** terméket két lépésben királis ecetsavvá alakítják.



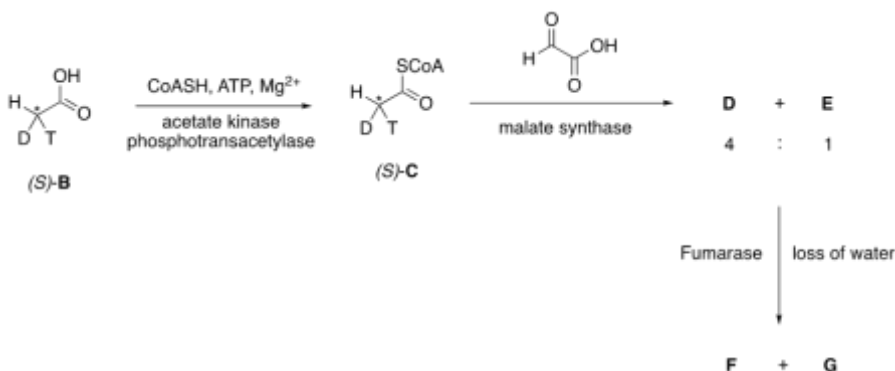
a) *Javasolj egy megfelelő kétlépéses reakciósorozatot, amellyel az **A** termék a **B** királis ecetsavvá alakítható!*

A további lépéseket az (S)-izomeren követjük végig.

b) *Rajzold le az (S)-**B** szerkezetét!*

Az (S)-**B**-t királis acetyl-CoA-vá alakították, amiből glioxálsavval almasavat képeztek. A második lépést a malát-szintáz enzim katalizálja, mégpedig úgy, hogy glioxálsavon történő támadás során egy új (S) konfigurációjú királis centrum alakul ki sztereospecifikusan. Az eredeti királis centrumon a reakció során pedig inverzió történik.

Két termék keletkezik 4:1 arányban, aminek az oka a kinetikus izotópeffektus. Ez a jelenség a H izotópjait közvetlenül érintő reakciónál megszűnik a legfontosabb.



Ugyan az izotópok viselkedése első közelítésben megegyező, az ilyen reakciók sebességét nagyban befolyásolja a hidrogénizotópok tömege közti nagy különbség, a nehezebb izotópot érintő reakciók sebessége tört része lehet a könnyebb izotópokénál.

A fumaráz katalizálja a víz antiperiplanáris eliminációját a malát-szintázal kapott **D** és **E** keverékből, így **F** és **G** keletkezik.

c) *Rajzold le **D** és **E** szerkezetét, egyértelműen feltüntetve a sztereokémiát! Rajzold le **D** és **E** legstabilabb konformációjának Newman-vetületeit!*

d) *Rajzold le **F** és **G** szerkezetét, egyértelműen feltüntetve a sztereokémiát!*

A trícium mennyisége a vegyületek radioaktív aktivitásának mérésével határozható meg. A Z arányt a következőképpen definiáljuk:

$$Z = \frac{\text{trícium aktivitás a fumaráz után}}{\text{trícium aktivitás a fumaráz előtt}}$$

e) *Határozd meg Z értékét a **B** két enantiomerjére!*

(diákolimpiai feladat)

H428. A fullerének a szén poliéderez molekulákból felépülő allotrópjai. A leghíresebb, a C_{60} , csonkított ikozaéder, vagyis foci labda formájú. Felfújva jó közelítéssel gömb alakú lesz, de a bőrlabdákat hatszöges és ötszöges lapok összevarrásával készítik.

A fullerénekben, így a C_{60} -ban is, a poliéder minden csúcsán egy szénatom van, mégpedig egy háromvegyértékű, három másik atomhoz kapcsolódó atom. Minden szénatom tehát három gyűrű vagy lap része, és minden szén-szén kötés két gyűrűben szerepel.

A fullerén poliéderek lapjai vagy hatszögek, vagy ötszögek. Csupa hatszög esetén a szénatomok síkba rendeződnének, mint a grafit és grafén esetében, ezért van szükség ötszögekre is.

Euler 1758-ban mutatta meg, hogy konvex poliéderek esetén a csúcsok száma (n), az élek száma (e) és a lapok száma (l) között fennáll az alábbi összefüggés:

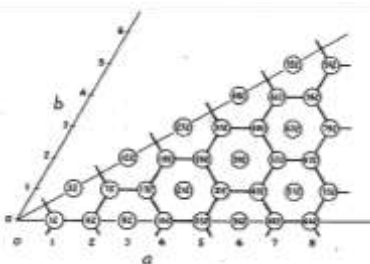
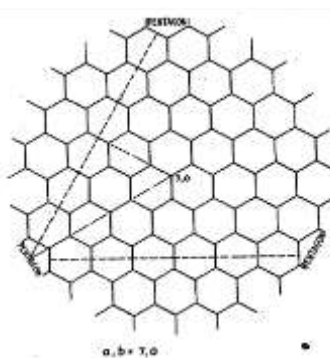
$$n + l = e + 2$$

- a) Vezess le egy-egy kifejezést az n szénatomos fullerén élleinek, lapjainak és hatszögű lapjainak számára! Mutasd meg a kifejezések segítségével, hogy bármely n esetén 12 db ötszögű lapja lesz a fulleréneknek!

Jóval a fullerének felfedezése előtt egy matematikus már vizsgálta az ilyen, ötszögekkel és hatszögekkel határolt poliéderek közül a szimmetrikusakat. Ezeket neve alapján Goldberg-poliédereknek hívják.

Goldberg a poliéderek jellemzésére a síkalakú hatszögrácsból indult ki. Ebben az egyes hatszögeket egy számpár jelöli, amit tulajdonképpen a központjuk koordinátái adnak a rács 60 fokos koordinárendszerében (ld. ábra). A poliédereket ebbe a síkba kiterítve a bennük fellelhető ötszögek helyzete jellemzi. A (7,0) Goldberg-poliéder ábrán mutatott hálózatában minden hetedik hatszög helyére kerül ötszög. A hatszögrács szimmetriái miatt a (7,0) és a (0,7) Goldberg-poliéder megegyezik.

Érdekes, hogy az (x,y) és az (y,x) Goldberg-poliéderek egymás tükörképei. Goldberg kigyűjtötte, hogy az egyes Goldberg-poliédereknek hány lapja van. Ez mutatja a másik ábra.

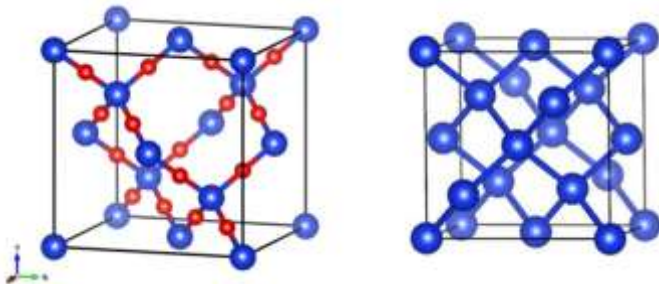


- b) Töltsd ki az alábbi táblázatot a kis Goldberg-poliéderekre!

(a,b)	n	e	l	l_5
(1,0)				
(1,1)				
(2,0)				
(2,1)				
(2,2)				
(3,0)				
(3,2)				

(diákolimpiai feladat)

H429. A félvezetőgyártás fontos lépése SiO_2 szigetelőréteg kialakítása oxigéngázzal a Si felületén. A szilícium és oxidja egyaránt atomrácsos anyag. A Si elemi cellája köbös, éle 5,43 Å hosszú.



A SiO_2 -nek több kristályos módosulata létezik. Az ábra a β -tridimit köbös elemi celláját mutatja, aminek ugyan nem várható a keletkezése az oxidáció során, de jellemzői nem térnek el nagyban a többi formától. Ebben a feladat szerzői szerint a Si-O kötéshossz 1,54 Å és a Si-O-Si kötésszög 180° , ami nem felel meg a valóságnak (1,59 Å és 151°).

- Hány SiO_2 egység van egy elemi cellában?
- Amikor a Si oxidálódik, hány százalékkal nő meg a térfogata az itt megadott adatokból kiszámítva?
- Mutasd meg, hogy a szerzők által választott, és a valós szerkezeti adatok ugyanazt az eredményt adják!

(diákolimpiai feladat)

H430. Folyékony N_2O_4 -ot ($\rho = 1,44 \text{ g/ml}$) vezettek át egy 30 g szilárd KCl-dal töltött oszlopon, körülbelül 117 μl /perc áramlási sebességgel. Az első 3,00 óra alatt az oszlop végén csak az **A** sárga gáz távozott (1. reakció). Ezt követően a barna **B** gáz is megjelent az oszlop végén. Ekkor az oszlop csak KCl-t és a szilárd **C** vegyületet tartalmazta.

A sárga **A** gáz reakcióba képes lépni FeCl_3 -mal. A termék a 24,5 tömegszázalék vasat tartalmazó **D** só (2. reakció).

- Azonosítsd az **A-D** vegyületeket! Írd fel a molekularácsos anyagok Lewis-szerkezetét! Írd fel a két reakció egyenletét!
- Számítsd ki, hogy mekkora az oszlopban maradó szilárd anyag tömege a **B** megjelenése előtti pillanatban!

Ha hidrazin vizes oldatát kobalt(II)-perklorát vizes oldatához adjuk, az **X** rózsaszín só csapódik ki, amely instabil és ütésre vagy melegítésre bomlik. Az anyag egyedüli szilárd bomlásterméke az elemi kobalt. 500 mg **X** teljes elbomlása során 83,3 mg Co és 517 ml gázelegy (400 K-en és 1,0 bar nyomáson) keletkezik. Az **X** só kationja hosszú lineáris láncokat tartalmaz.

*c) Azonosítsd az **X** vegyületet és írd fel bomlásának egyenletét! Vázold fel a kation szerkezetét!*

A nikkeltől is keletkezik egy analóg vegyület (**Y**), amely kevésbé stabil, mint a kobaltvegyület.

*d) Számítsd ki **Y** tömegszázalékos Ni-tartalmát!*

(diákolimpiai feladat)

Megoldások

K502. a) 100 g pétisóban 7 g CaO-dal és 5 g MgO-dal egyenértékű karbonátvegyület van. Ezek anyagmennyisége rendre 0,125 és 0,124 mol, melyek 12,49 g CaCO₃-nak és 10,46 g MgCO₃-nak felelnek meg. Összesen tehát 22,95 g dolomitot tartalmaz 100 g pétisó, 1 tonnában 229,5 kg van.

b) A dolomit mellett 77,05 g NH₄NO₃ van 100 g pétisóban. Ez 0,963 mol, melyben kétszerannyi, 1,926 mol, vagyis 26,96 g N van. A pétisó nitrogén hatóanyagtartalma 26,96 m/m%.

c) Egy 20 μm sugarú gömb térfogata $3,35 \cdot 10^{-8}$ cm³, melynek tömege $9,52 \cdot 10^{-8}$ g. 22950 g dolomit így $2,41 \cdot 10^{12}$ darab gömböcskét tartalmaz. Ezt elosztva az Avogadro-állandóval $4,0 \cdot 10^{-12}$ mólt kapunk eredményül.

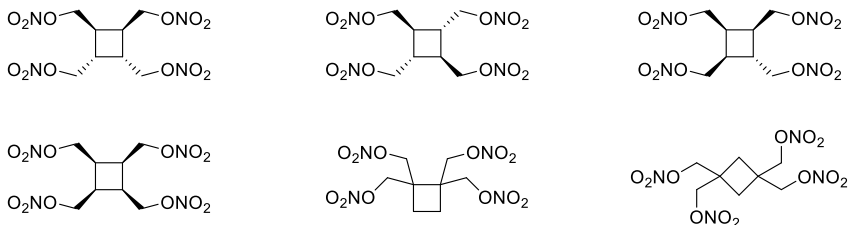
A feladat nem okozott nehézséget a beküldőknek. A c) feladatrész mértékegységátváltásainál többen hibáztak, és figyelmetlenségek is előfordultak.

(Varga B. Szilárd)

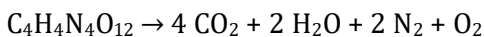
K503. a) Álljon a vegyületek tapasztalati képlete x darab C, y darab O, w darab N és z darab H atomból. Ekkor a moláris tömegeket használva a szén : oxigén : nitrogén : hidrogén tömegének aránya kerekítve $12x:16y:14w:1z$, ami egyenlő a megadott $16:64:18,67:1,33$ aránnyal. Ebből minden tömegszázalékot leosztva a moláris tömegeknek megfelelő szorzókkal (párosával belátható, hogy rendezve az egyenleteket fennmarad az arányosság), $x:y:w:z = 1,33:4:1,33:1,33$ arányú. Mivel mind a négy egész szám, meg kell keresnünk a legkisebb olyan lehetőséget, ahol ez az arány fennáll, ami pedig az $1:3:1:1$. A vegyületcsalád tapasztalati képlete tehát CO₃NH.

b) Négytagú gyűrűhöz a fenti képletet legalább 4-szer kell vennünk a tényleges molekulaképlethez. A feladatba azonban – mint utólag kiderült – egy kis hiba csúszott a képletek másolásakor, a fizikai adatok leírásának megfelelő molekulacsalád tagjai ugyanis 4 darab metilén csoporttal nagyobbak. Alább a feladatban említett 4 valós diasztereomer szerkezetet (és további két regioizomert) rajzoltunk fel. Természetesen metilén csoportok nélkül is hasonló elven rajzolhatjuk fel őket, de azon vegyületek nem ismertek egyelőre. A robbanékonyságból kitalálhatjuk, hogy a gyűrűhöz nem tartozó heteroatomok – mivel csak egy funkciós

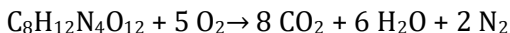
csoport van a molekulában – részletenként együtt egy-egy salétromsav-észtert rajzolnak ki, a nitroglicerinhoz hasonlóan.



c) A feladatban megadott képletű molekula égési/bomlási egyenlete:



Az eredeti, reális molekula hasonló egyenlete:



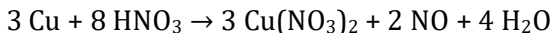
A robbanóanyagok égési/bomlási reakciójában a nitrogén elemi gázként kerül feltüntetésre termékként, mert ez az exoterm folyamat az oxidok képződése helyett. Természetesen valójában számos egyéb vegyület is keletkezik kisebb mennyiségben.

Mint látszik, előbbi hajtóanyag pozitív oxigénegyenlegű, ez előnyös tulajdonság, hisz oxidálószer nélkül, sőt akként használható lenne, ha létezne. A valós molekula már igényel oxidálószert a teljes energia felszabadításához, de ez még nem lehetetleníti el az alkalmazását. Az űrben való felhasználás egyik legnagyobb kényelmetlensége, hogy az űrbe való kilépéskor halmazállapotot vált, de a hűtött/melegített hajtóanyagok kezelése is megoldott technológia. Az alternatívákhoz képest jelenleg valószínűleg nagy tételben is jóval magasabb áráról se feledkezzünk el. Valójában mindkét válasz mellett lehetett érvelni, inkább az alapos utánajárás lett pontosza.

A hiba valójában nem sokat változtatott a feladat lényegi részén, viszont voltak, akik irreális és nem létező funkciókat próbáltak felrajzolni - szükségtelenül. Mikor a feladat – ahogy sokszor a valós helyzetek – indoklást kér, nézzetek jobban utána az adott témakörnek, sokan már megoldott/nem létező problémákat hoztak fel érvként az alkalmazás ellen.

(Szobota András)

K504. a) A réz oldódásának reakcióegyenlete abban az esetben, ha csak nitrogén-monoxid képződik:

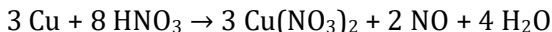


Legyen x mol a feloldható Cu anyagmennyisége! A reakcióegyenlet alapján ehhez $8x/3$ mol HNO_3 szükséges és $2x/3$ mol NO fejlődik a reakcióban. A kiindulási oldatban 35 g HNO_3 volt, ebből $63 \cdot 8x/3$ g fogyott el. A kiindulási oldat tömege 100 g, az oldat tömege nőtt a reagáló réz tömegével ($63x$ g) és csökkent a távozó NO tömegével ($30 \cdot 2x/3$ g). A feladat feltétele alapján az oldat tömegszázalék értéke 25,0 %-ra csökkenhet le az oldódás során, vagyis felírható, hogy

$$(35 - 63 \cdot 8x/3) / (100 + 63x - 30 \cdot 2x/3) = 0,250.$$

Ebből $x = 0,0559$ mol, tehát legfeljebb $0,0559 \text{ mol} \cdot 63,5 \text{ g/mol} = 3,55$ g réz lehet feloldani a kiindulási savoldatban.

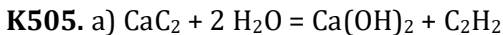
b) A gáztérre a $pV = nRT$ összefüggés alapján felírható, hogy $17,82 \text{ kPa} \cdot 0,0500 \text{ dm}^3 = n \cdot 8,314 \text{ J/(Kmol)} \cdot 304,75 \text{ K}$, melyből a gáztérben lévő gázok anyagmennyisége, azaz n értéke $3,517 \cdot 10^{-4}$ mol. Az NO és az NO_2 aránya a gázelegyben 0,761, ez alapján a fejlődött NO anyagmennyisége $1,520 \cdot 10^{-4}$ mol, míg a NO_2 -é $1,997 \cdot 10^{-4}$ mol. A NO és az NO_2 keletkezésének reakcióegyenletei:



A fentiek alapján az $1,520 \cdot 10^{-4}$ mol NO $1,5 \cdot 1,520 \cdot 10^{-4}$ mol Cu, míg az $1,997 \cdot 10^{-4}$ mol NO_2 $0,5 \cdot 1,997 \cdot 10^{-4}$ mol Cu reakciója során keletkezett. Összesen tehát $3,279 \cdot 10^{-4}$ mol réz oldódott fel az első perc végére, melynek tömege 0,0208 g.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,3 pont, hibátlan megoldást 10 tanuló küldött be. Néhány számolási hiba mellett előfordult, hogy egy-egy megoldó nem vette figyelembe az a) feladatrésznél azt, hogy az oldat tömege nő a beoldódó réz és csökken a távozó nitrogén-monoxid tömegével.

(Vörös Tamás)



b) 64,1 g (1 mol) kalcium-karbid legfeljebb $2 \cdot 18 \text{ g} = 36 \text{ g}$ vízzel képes reagálni. Ez azt jelenti, hogy körülbelül azonos tömegek esetén a víz lesz feleslegben.

c) A tizedik perctől kezdve minden egyes 10 perc elteltével 2,87 g-mal csökken az edény tömege. Ez az elégetett acetilén tömege. Az első tíz percben csak 2,59 g-mal csökken a lámpa tömege, ami a 2,87 g-nak a 90%-a. Ez azt jelenti, hogy ebben a szakaszban csak 9 percig égett a lámpa, vagyis 1 percet vártunk.

d) 10 perc alatt 2,87 g acetilén ég el a lámpában. 1 g kalcium karbidból 0,406 g acetilén fejleszthető, így 1 g (tiszta) kalcium-karbid felhasználásával körülbelül 85 másodpercig, vagyis majdnem másfél percig ég a lámpa.

A feladat könnyűnek bizonyult. A versenyzők több mint fele maximális pontszámot kapott.

(Ficsór István Dávid)

K506*. A disszociációfok az ionokká szétvált molekulák arányát mutatja meg az összmennyiséghez viszonyítva – ez persze mind anyagmennyiségből, mind koncentrációból számítható. Mivel az ionszorzatot koncentrációkkal szokás megadni, utóbbi praktikusabb. A két disszociációfok kiszámításához először tudnunk kell a két víz „tiszta koncentrációját”. A sűrűségek alapján egy dm^3 víz tömege 998,2 g, azaz 55,41 mol molekulát tartalmaz, ezzel ellentétben 1 liter nehézvíz 1105,6 g-ot nyom és 55,20 mol molekula található benne. Az ionszorzat a proton- és hidroxidion-koncentrációk szorzataként a disszociált molekulák „koncentrációjának” négyzetével egyenlő, azaz utóbbi érték a „normál” vízben $1,00499 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$, nehézvízben $3,34664 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$. (Oxóniumionként felírva is csak egy molekula disszociál, a másikat nem kell beleszámolni a disszociációfokba). Ezekből a két disszociációfok aránya:

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_{\text{H}_2\text{O}}}{\alpha_{\text{D}_2\text{O}}} &= \frac{\frac{c_{\text{disszociált víz}}}{c_{\text{tiszta víz}}}}{\frac{c_{\text{disszociált nehézvíz}}}{c_{\text{tiszta nehézvíz}}}} = \frac{\frac{1,00499 \cdot 10^{-7} \text{ M}}{55,41 \text{ M}}}{\frac{3,34664 \cdot 10^{-8} \text{ M}}{55,20 \text{ M}}} \\ &= \frac{1,813734 \cdot 10^{-9}}{6,062754 \cdot 10^{-10}} = 2,9916 \end{aligned}$$

Tehát a víz disszociációfoka durván 3-szor nagyobb a nehézvízénél 25 °C-on.

A feladat nem bizonyult nehéznek, azonban többen jutottak látszólag helyes eredményre, miközben a köztes számításokban a mértékegységek elhagyása miatt eleve helytelen egyenleteket rendeztek, és ami főleg a disszociációfok fogalmának helytelen alkalmazásából eredt. Erre figyeljetelek oda. A moláris tömeg pedig tiszta izotópok esetén sem egész szám, feleslegesen ne kerekítsük.

(Szobota András)

K507. a) Az 1 mol/dm³-es kénsavoldatban teljes disszociáció esetén a hidrogénionok koncentrációja 2 mol/dm³, így az ilyen összetételű kénsavoldat 2 N normalitású. Ha egy ilyen kénsavoldatot azonos térfogatú kálium-hidroxid-oldat közömbösít, akkor annak molaritása 2 mol/dm³, így ez az oldat is 2 N-ú.

Az 1 N-os kénsavoldat 0,5 mol/dm³-es kénsavra nézve, így a kénsav grammegyenérték-súlya 49,04 g.

b) A szövegben szereplő definíció alapján a kétértékű kénsav, illetve az ötértékű trifoszforsav (H₅P₃O₁₀) ekvivalenciafaktora 0,5, illetve 0,2.

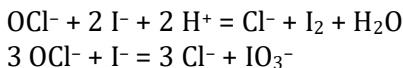
c) A titrálás során mind a nátrium-hidroxidot, mind pedig a nátrium-karbonátot mérjük. Emiatt a vizsgált minta egy olyan nátrium-hidroxid-oldattal egyenértékű, melynek 0,420 N a normalitása. Egy ilyen összetételű oldat 10 cm³-e 21 cm³ 0,2 N-os hidrogén-klorid-oldattal közömbösíthető.

A közömbösítési reakciók egyenletei alapján megállapítható, hogy az oldat 1 dm³-ében 0,420 mol nátriumion volt. Ezért eredetileg 0,210 mol, azaz 8,4 g nátrium-hidroxidot tartalmazott az oldat, vagyis egy pasztilla tömege 2,8 g volt.

Ha az oldat 0,097 N-os volt nátrium-karbonátra nézve, akkor az azt jelenti, hogy az 500,0 cm³ oldatban 24,25 mmol nátrium-karbonát volt. Ez megegyezik az elnyelt szén-dioxid anyagmennyiségével, így a megadott nyomás, illetve 25°C esetén az elnyelt gáz térfogata 0,59 dm³.

d) A normalitás megadásakor figyelembe vettük a kérdéses reagens értékűségét, így ha kiszámoljuk a mérőoldat esetén a térfogat és a normalitás szorzatát, akkor az meg kell, hogy egyezzen a vizsgált oldat térfogatának, illetve a mért reagens normalitásának a szorzatával.

e) A lejátszódó két reakció ionegegyenlete:



A nátrium-hipoklorit-oldat 0,1 N-os volt. Az azonos térfogatok miatt az oldatok normalitása is meg kellett, hogy egyezzen, így mind a két kálium-jodid-oldat normalitása 0,1 N volt. A termékek minősége miatt ez a normalitás a savas közegű reakció esetén 0,1 mol/dm³-es, míg a másik esetben 0,0167 mol/dm³-es molaritást jelentett.

f) Egy mérőoldat normalitása, illetve molaritása közötti összefüggés nem egyértelmű, ugyanis előbbinek az értéke nem csak az oldat összetételétől, hanem a kérdéses reakció körülményeitől, bizonyos esetekben pedig a reakciópartnertől (pl.: Than-só, vagy épp a nátrium-tioszulfát sav-bázis, illetve jodometriás mérése) is függhet.

A feladat nehéznek bizonyult. Sok apró, figyelmetlenségből eredő hibát követtek el a beküldők. Az átlagpontoszám hat egész három negyed lett.

A normalitás fogalma – számunkra, akiknek a formulasúly kifejezés, vagy épp a logarléc használata nem képezi mindennapjaink részét – nem feltétlenül könnyen kezelhető. Ez a fajta szokatlanság lehet az oka, annak, hogy a feladat kitűzésekor a redoxireakciókra vonatkozó ekvivalenciafaktor hibásan lett bevezetve, ugyanis a feladatban leírtakkal ellentétben nem az oxidációs szám-változással, hanem annak reciprokával egyenlő. A szokatlanság azonban nem jelenti azt, hogy a fogalom haszontalan lenne. Használatának egyik előnyére mutat rá a d) részben szereplő összefüggés, melynek következménye, hogy megfelelően megválasztott bemérés, illetve normális mérőoldat használata esetén a vizsgált anyag százalékos hatóanyagtartalma közvetlenül a bürettáról is leolvasható.

(Ficsór István Dávid)

K508. a) Amennyiben a megkötődő szén-dioxid a hidroxidionokkal 1:1 arányban reagál, az adszorbens felületén az alábbi egyenlet szerinti re-

akció játszódik le: $\text{CO}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCO}_3^-$. Ekkor a 0,260 mmol CO_2 megkötődése ugyanekkora anyagmennyiségű hidroxidion előállítását feltételezi. Ehhez a $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ reakcióegyenlet szerint szintén 0,260 mmol elektron szükséges. Ekkora anyagmennyiségű elektron töltése $0,260 \text{ mmol} \cdot 96,5 \text{ C/mmol} = 25,1 \text{ C}$. A $Q = I \cdot t$ összefüggés alapján 4,00 óra, azaz 14400 s alatt a fenti töltésmennyiség előállításához 1,74 mA áramerősség szükséges.

Abban az esetben, ha a szén-dioxid megkötődése a $\text{CO}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ reakcióegyenlet szerint játszódik le, akkor az előbbiekhöz képest kétszeres mennyiségű hidroxidiont kell előállítani, melyhez azonos idő alatt szintén kétszeres, azaz 3,48 mA áramerősség szükséges.

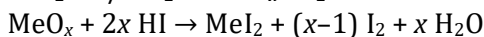
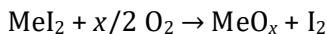
b) 1:1 arányú reakció esetén az adszorbens 920 m^2 felületén 0,260 mmol hidroxidion képződött. Mivel $1 \text{ m}^2 = 10^{18} \text{ nm}^2$, ezért az adszorbens felülete grammonként $9,2 \cdot 10^{20} \text{ nm}^2$. Ekkora felületen $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$, azaz $1,56 \cdot 10^{20}$ db hidroxidion keletkezett, tehát $1,00 \text{ nm}^2$ felületen átlagosan 0,170 db OH^- képződött.

Amennyiben 1:2 arányú reakciót feltételezünk, úgy a szükséges hidroxidion anyagmennyisége kétszeres, azaz $1,00 \text{ nm}^2$ felületen átlagosan 0,340 db képződött.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,4 pont, hibátlan megoldást 7 tanuló küldött be. Több megoldó esetén is előfordultak számolási hibák, illetve helytelen átváltások a b) feladatrészen. Önmagában a helyes végeredmények levezetés nélküli közléséért feladatrészenként 1-1 pont járt.

(Vörös Tamás)

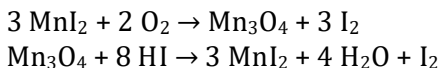
H416. A fém-jodid oxigénben történő hevítése során a fém magasabb oxidációs állapotú oxidja keletkezik, amely oxidálja a hidrogén-jodidot, így képződik elemi jód és a kiindulási fém-jodid. Az ismeretlen fémet Me-vel jelölve felírhatóak az alábbi, általános reakcióegyenletek:



Ismert, hogy 1,000 g kiindulási vegyületből 0,2470 g fém-oxid képződik, azaz felírható a fém-oxid és a kiindulási fém-jodid tömegarányára, hogy $(M_{\text{Me}} + 16x)/(M_{\text{Me}} + 2 \cdot 126,9) = 0,2470$.

Az 1,000 g kiindulási fém-jodidból végül 0,2740 g elemi jód keletkezik, melyre felírható, hogy $((x-1) \cdot 2 \cdot 126,9)/(M_{\text{Me}} + 2 \cdot 126,9) = 0,2740$.

A két egyenletből álló egyenletrendszer megoldása $x = 1,33$ és $M_{\text{Me}} = 54,9$. Tehát a keresett fém a mangán, a lejátszódó reakciók egyenletei az alábbiak:



A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 6,4 pont, hibátlan megoldást 11 tanuló küldött be. Többen nem vették figyelembe azt, hogy a fémion oxidációs száma megváltozik az oxigéngázban történő hevítés során.

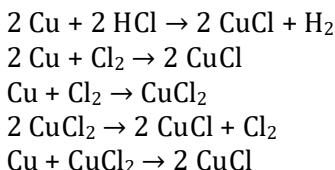
(Zagyai Péter, Vörös Tamás)

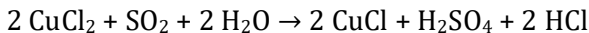
H417. Feltételezhető, hogy **C** és **D** anyag ugyanannak az **A**-val jelölt elemnek a két különböző oxidációs állapotú kloridja. Abban az esetben, ha a **C** és a **D** vegyületben az **A** oxidációs száma közötti eltérés egy, a 4. egyenlet általánosan az alábbi formában írható fel: $2 \text{D} \rightarrow 2 \text{C} + \text{Cl}_2$. A keletkező **C** anyag tömege 73,6%-a a kiindulási **D** anyag tömegének, a 26,4%-os tömegcsökkenést az elemi klór távozása okozza. Ez alapján kiszámítható, hogy az 1 mol klórgáz mellett keletkező 2 mol **C** anyag tömege $70,9 \text{ g} / 0,264 \cdot 0,736 = 197,7 \text{ g}$, azaz **C** moláris tömege $98,8 \text{ g/mol}$, mely megfelel a réz(I)-klorid moláris tömegének. Hasonlóan számítható, hogy $M_{\text{D}} = 134,3 \text{ g/mol}$, azaz a **D** anyag a réz(II)-klorid.

A fentiek alapján a betűkkel jelölt anyagok képletei:

A: Cu, **B:** HCl, **C:** CuCl, **D:** CuCl₂, **E:** H₂SO₄.

A lejátszódó reakciók rendezett egyenletei:





Az első reakció 400 °C fölötti hőmérsékleten már végbemegy. A kloridok az elemek közvetlen reakciójával szintén nem túl magas hőmérsékleten előállíthatók, a magasabb hőmérséklet a réz(I)-klorid képződésének kedvez. Ennek megfelelően a réz(II)-kloridból hevítéssel (oxigén kizárása mellett) réz(I)-klorid állítható elő. A réz(I)-kloridot eredményező szinproporciós reakció közönséges körülmények között is végbemegy (megint csak ki kell zárni az oxigént, és általában erősen savas közegben dolgoznak), ahogy a kén-dioxidos redukció is.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,2 pont, maximális pontszámot 7 tanuló kapott. A beküldők többsége rájött a keresett anyagok képletére, több esetben azonban hiányzott vagy nem volt helyesen rendezve egy-egy egyenlet.

(Zagyai Péter, Vörös Tamás)

H418. A celladiagramból, illetve a leírásból látható, hogy mind a két elektród elektrolitja az ezüst egy-egy rosszul oldódó sójára nézve telített. Az ilyen elektródok elektródpotenciálját is ki tudjuk számítani a Nernst-egyenlet segítségével. A számolás során azonban figyelembe kell venni azt, hogy telített oldat esetén az oldhatósági szorzaton keresztül az anion koncentrációja határozza meg a fémion koncentrációját.

A katód elektrolitja 0,01 mol/dm³-es kloridionokra nézve. A megadott oldhatósági szorzat alapján ez azt jelenti, hogy ebben az oldatban az ezüstionok koncentrációja 1,8·10⁻⁸ mol/dm³.

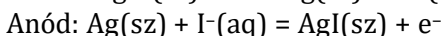
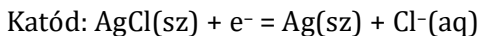
Mivel mind a két elektródfém ezüst, így a cella elektromotoros ereje (374 mV) az alábbiak szerint számítható:

$$E_{\text{MF}} = \frac{RT}{F} \cdot \ln \left(\frac{c(\text{Ag}^+, \text{katód})}{c(\text{Ag}^+, \text{anód})} \right)$$

Ez alapján az anódként viselkedő elektród elektrolitjában az ezüstionok koncentrációja 8,5·10⁻¹⁵ mol/dm³.

Mivel az oldat 0,01 mol/dm³-es jodidionokra nézve, így az ezüst-jodid oldhatósági szorzata 8,5·10⁻¹⁷ (mol²/dm⁶).

A galvánelemben a pozitív töltésű elektródon redukció, míg a negatív töltésűn oxidáció játszódik le. Az elektródfémek felületén az ezüst oxidációja, illetve redukciója játszódik le. Az elektródfolyamatokban azonban az oldódás, illetve kicsapódás révén a rosszul oldódó sók is részt vesznek, így a folyamatokat leíró (bruttó) egyenletek az alábbiak:



Az oldhatósági szorzat meghatározása általában nem okozott gondot, a megfelelő elektródfolyamatok felírása azonban igen. Hibátlan, vagy közel hibátlan megoldást küldött be Elek János, Föld Milán, Gáspár Réka, Komáromi Zsombor, Tóth Hanga Katalin és Viczkó Csaba Péter.

(Ficsór István Dávid)

H419. a) Legyen c_0 kezdetben az X anyag koncentrációja. Ha az első lépés jelentősen gyorsabb, mint a második, akkor a k_1 reakciósebességi együttható jelentősen nagyobb, mint a k_2 reakciósebességi együttható. Ekkor az $X \rightarrow Y$ reakció nagyon gyorsan lejátsszódik, azaz nagyon rövid idő alatt Y koncentrációja közel c_0 -ra nő, mivel Y keletkezése (az 1. reakció) jelentősen gyorsabb, mint a bomlása (a 2. reakció). Ezt követően a sebességmeghatározó lépés a 2. reakció lesz, így a tovább nem alakult Y anyag koncentrációjának időfüggése:

$$c_Y = c_0 \cdot e^{-k_2 t}$$

Eközben a Z anyag koncentrációjának időfüggése (felhasználva, hogy X nagyon gyorsan elfogy, így kellő idő eltelte után $c_Y + c_Z = c_0$):

$$c_Z = c_0 \cdot (1 - e^{-k_2 t})$$

(Megjegyzés: az, hogy X nagyon gyorsan elreagál, azaz Y nagyon hamar eléri koncentrációjának maximumát, a következő határérték kiszámításával matematikailag is igazolható:

$$\lim_{k_1 \rightarrow \infty} t_{\max} = \lim_{k_1 \rightarrow \infty} \frac{\ln \frac{k_2}{k_1}}{k_2 - k_1} = \lim_{k_1 \rightarrow \infty} \frac{\ln k_2 - \ln k_1}{k_2 - k_1} = \lim_{k_1 \rightarrow \infty} \frac{0 - \frac{1}{k_1}}{0 - 1} = 0$$

A határérték kiszámításánál felhasználtuk a hányados logaritmusára vonatkozó azonosságot, és alkalmaztuk a L'Hôpital-szabályt. Ez alapján tehát nagyon rövid idő alatt az X anyag közel teljes mértékben Y anyaggá alakul, ami lassan, apránként alakul át Z anyaggá.)

b) Ha a kiindulási anyag fele átalakul, akkor $c_X = \frac{c_0}{2}$. Ezt a reakció sebességi egyenletébe helyettesítve:

$$\frac{c_0}{2} = c_0 \cdot e^{-k_1 t_{\max}}$$

$$\text{Innen } t_{\max} = \frac{\ln 2}{k_1}.$$

Legyen a két reakciósebességi állandó aránya $\frac{k_2}{k_1} = x$, azaz $k_2 = xk_1$.

Behelyettesítve a $t_{\max} = \frac{\ln 2}{k_1}$ értéket a feladatban szereplő t_{\max} -ot leíró egyenletbe:

$$\frac{\ln 2}{k_1} = \frac{\ln \frac{k_2}{k_1}}{k_2 - k_1}.$$

A hányados logaritmusára vonatkozó azonosságot alkalmazva:

$$\frac{\ln 2}{k_1} = \frac{\ln k_2 - \ln k_1}{k_2 - k_1}$$

Behelyettesítve a $k_2 = xk_1$ egyenletet, és a nevezőkkel felszorozva:

$$xk_1 \cdot \ln 2 - k_1 \cdot \ln 2 = k_1 \cdot \ln xk_1 - k_1 \ln k_1$$

Egyszerűsítve k_1 -gyel és a szorzat logaritmusára vonatkozó azonosságot alkalmazva:

$$\begin{aligned} x \cdot \ln 2 - \ln 2 &= \ln x + k_1 \ln k_1 - k_1 \ln k_1 \\ x \cdot \ln 2 - \ln 2 &= \ln x \end{aligned}$$

Logaritmikus azonosságokat alkalmazva:

$$\ln \frac{2^x}{x} = \ln 2$$

Mivel a természetes alapú logaritmusfüggvény kölcsönösen egyértelmű, így

$$\frac{2^x}{x} = 2$$

Az $f(x) = \frac{2^x}{x}$ függvény deriváltfüggvénye: $f'(x) = \frac{2^x \cdot (x \cdot \ln 2 - 1)}{x^2}$, ami negatív értékeket vesz fel, ha $x < \frac{1}{\ln 2}$, és pozitív értékeket vesz fel, ha $x > \frac{1}{\ln 2}$. Ez alapján az $f(x)$ függvény szigorúan monoton csökkenő, ha $x < \frac{1}{\ln 2}$ és szigorúan monoton növekvő, ha $x > \frac{1}{\ln 2}$. Így az $f(x) = 2$ helyettesítési értéket a függvény legfeljebb 2 különböző x érték esetén veheti fel (az egyik a szigorúan monoton csökkenő intervallumra, a másik a szigorúan monoton növekvő intervallumra kell, hogy essen). Így a $\frac{2^x}{x} = 2$ egyenletnek legfeljebb 2 db valós megoldása lehet. Behelyettesítéssel látható, hogy $x = 1$ és $x = 2$ megoldása az egyenletnek, más megoldás pedig az előzőek alapján nincs. Ha $x = 1$, akkor a reakciósebességi együtthatók megegyeznek, így a $t_{\max} = \frac{\ln \frac{k_2}{k_1}}{k_2 - k_1}$ egyenlet nem értelmezhető (zérus adódik a tört nevezőjében). Vizsgáljuk meg, lehet-e $x = 1$ a feladat megoldása. Ebben az esetben kezdetben az X anyag koncentrációja csökkenne, miközben az Y anyag koncentrációja növekszik. Ez mindaddig folytatódik, amíg az Y anyag keletkezési sebessége nagyobb, mint a bomlás sebessége. Az Y anyag koncentrációja akkor éri el maximumát, amikor a keletkezési és bomlási sebesség éppen kiegyenlítődik, azaz

$$k_1[X] = k_2[Y].$$

Mivel $k_1 = k_2$, ezért a maximális koncentráció időpontjában $[X] = [Y]$, de a feladat szerint ekkor $[X] = \frac{c_0}{2}$, ezért $[Y] = \frac{c_0}{2}$, mivel azonban $[X] + [Y] + [Z] = c_0$, így ekkor $[Z] = 0$ adódna. Ez viszont ellentmondás, mivel ez azt jelentené, hogy a 2. reakció egyáltalán nem játszódott le. Így $x = 1$ nem megoldása a feladatnak.

Tehát a feladat kizárólagos megoldása $x = 2$, azaz a 2. reakció reakciósebességi állandója ekkor a 2-szerese az 1. reakció reakciósebességi állandójának.

(Megjegyzés: az egyenletmegoldásnál deriválás nélküli indoklást, pl. grafikus megoldást is elfogadtunk.)

c) Ha az Y közttermék koncentrációja végig konstans alacsony értéken marad, az azt jelenti, hogy keletkezésének és bomlásának sebessége megegyezik, azaz

$$k_1[X] = k_2[Y]$$

Mivel az 1. lépés a 2. lépéshez képest jelentősen lassabb, így az X reaktáns nagyon lassan fogy, koncentrációja jelentős ideig közelíthető az $[X] = c_0$ egyenlettel. Ezt visszahelyettesítve, a köztitermék koncentrációjára a következő adódik:

$$[Y] = \frac{k_1}{k_2} \cdot c_0$$

Ha kellően hosszú időt várunk, és a kiindulási X reaktáns koncentrációja már jelentősen csökken, az természetesen az Y köztitermék koncentrációjának csökkenését is maga után vonja. Ekkor is érvényes az, hogy Y keletkezésének és bomlásának sebessége meg kell, hogy egyezzen, mivel Y koncentrációja jó közelítéssel állandó (nagyon lassan csökken). Ekkor a keresett koncentráció:

$$[Y] = \frac{k_1}{k_2} \cdot c_0 \cdot e^{-k_1 t}$$

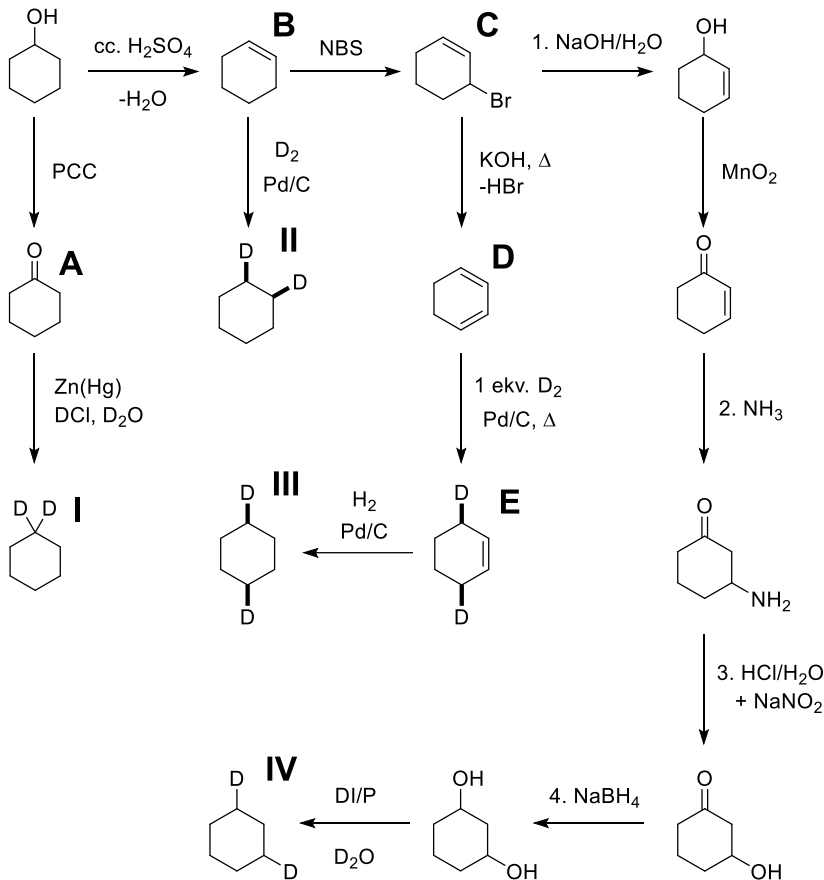
A feladat néhány versenyzőnek gondot okozott, míg többen bonyolult, differenciálegyenletek megoldásával járó megoldást adtak be, bár a feladat egyszerűbben is megoldható volt a megfelelő közelítések alkalmazásával (amit persze a helyes megoldók differenciálegyenleteinek megoldásai is igazoltak). Az átlagpontszám 6,81 pont volt.

(Csorba Benjámin)

H420. a) **A** vegyület az oxidáció hatására képződő ciklohexanon, **B** vegyület pedig elimináció során keletkező ciklohexén. Utóbbiból allil-helyzetű gyökös brómozással (Wohl-Ziegler-reakció) kapjuk a **C** 3-bróm-ciklohex-1-ént. **D** vegyület az ebből bázikus eliminációval előállított ciklohexa-1,3-dién. **D**-t Pd/C katalizátor mellett D_2 gázzal reagáltatva cisz-3,4-dideutero-ciklohex-1-én és cisz-3,6-dideutero-ciklohex-1-én keveréke keletkezik, amelyből - ha a feladatban máshol nem szereplő származékot eredményező vegyületre koncentrálnak - utóbbit azonosíthatjuk **E**-ként. A hőmérséklet megfelelő megválasztásával valószínűleg javítható a reakció szelektivitása - de elképzelhető, hogy 50 %-os termékarány fölé sem tudunk menni. (Ennél szelektívebb módszer is létezik a reakció kivitelezésére, kissé egzotikusabb reagensekkel.) Az **I-III** számok 3 dideuterált ciklohexánszármazékot jelölnek, az **I** a ciklohexanonból Clemmensen-redukcióval képződő 1,1-, a **II** az 1,2- a **III** pedig az 1,4-

dideuterociklohexán. Sztereokémiai szempontból utóbbi kettőben főleg a *cis*-származék lesz jelen a palládiumkatalizált hidrogénezés mechanizmusából adódóan.

A feladatban szereplő reakciósvéma a következő:



b) **C**-ből valamilyen alkálifém-hidroxid vagy -karbonát hígabb vizes oldatával kaphatjuk a hidroxivegyületet (1. reakció). Az amint Michael-reakció segítségével, ammónia hozzáadásával állíthatjuk elő, (valamilyen szerves oldószerben hígítva, nem túl magas hőmérsékleten, hogy az 1,2-addíciót elkerüljük; 2. reakció), amiből pedig diazotálással, vagyis savas közegben egy alkálifém-nitrit vizes oldatának adagolása nyomán keletkezik a 3-hidroxiciklohexán-1-on. Ezt redukálva pl. nátrium-borohidrid

vagy lítium-alumínium-hidrid segítségével kaphatjuk az 1,3-dihidroxi származékot.

c) Előbb említett dihidroxi-vegyületből deutérium-jodidos redukcióval a **IV**-gyel jelölt 1,3-dideuterociklohexánt állíthatjuk elő, ez esetben cisz-transz izomerelegyként.

d) **I-IV** molekulák, mivel azonos az összegképletük, de konnektivitási szempontból eltérés van bennük, elsősorban konstitúciós izomerek. Ezen belül, mivel csak két „csoport” lánc mentén elfoglalt helyében térnek el egymástól, helyzeti- vagy regioizomereknek minősülnek. Ezen kívül, mivel csak azonos atomok különböző izotópjainak pozíciója változik, izotopomer molekulákról beszélünk (szintén leszűkítve az előzővel: regio-izotopomerek).

A szerkezetek azonosítása könnyűnek bizonyult, a reagensek megadásakor viszont többen nem vették figyelembe a mellékreakciókat, amelyek végül nem kívánt terméket eredményezhetnek. Szerves kémiában ne felejtésük el a molekula egészét nézni egy javasolt átalakításkor.

(Szobota András)