

## GONDOLKODÓ



### Feladatok

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

A megoldásokat 2018. január 5-ig lehet a [kokel.mke.org.hu](http://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 értékelt 5 közé.

**K279.** Bizonyos ragasztószerek úgy rögzítenek, hogy az oldószer elpárolgása után visszamaradó anyag térhálósodik. Egy ragasztó oldószere metil-acetátból, etanolból és acetonból áll. Az oldószer 100 °C-os gőzének azonos állapotú oxigénre vonatkozó relatív sűrűsége 2,232. A háromkomponensű oldószerkeverék 1,000 grammját tökéletesen elégetve és 25 °C-ra visszahűtve a hőváltozás  $-22,54$  kJ.

*Mi a háromkomponensű oldószerkeverék tömegszázalékos összetétele?*

(Borbás Réka)

**K280.** A peroxidokban lévő oxigén-oxigén egyszeres kötés igen instabillá teszi ezt a molekulacsaládot. Bomlásuk során oxigén keletkezik. Ezt az oxigént szokták „aktív oxigénnek” is nevezni, mivel ezen keresztül fejtik ki a peroxidok roncsoló, fertőtlenítő, elszíntelenítő hatásukat.

A peroxisavak  $-O-O-H$  csoportot tartalmaznak, ami a hidrogén-peroxidból gondolatban úgy származtatható, hogy az egyik hidrogén-atomot egy másik atomcsoportra cseréljük. Például a peroxiecetsav vagy perecetsav ( $CH_3COOOH$ ) esetében acetilcsoport helyettesíti a hidrogén-peroxid egyik hidrogénatomját. A perecetsav is savas tulajdonságú, bár a hasonlóképp származtatott peroxi-karbonsavak általában ezerszer gyengébb savak, mint a megfelelő karbonsav párjaik. Oxidáló hatásuk hasonlóképp változik a savi erősséggel. A trifluorperecetsav erősebb oxidálószer, mint a perecetsav, és még ennél is gyengébb a hidrogén-peroxid. A trifluorperecetsav nagyon bomlékony,  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ -on eltartható rövidebb ideig, kereskedelmi forgalomban ezért nem is kapható. A perecetsav  $110\text{ }^\circ\text{C}$ -on robban, forráspontja  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , így kereskedelmi forgalomban annak vizes oldatát árulják, például élelmiszeripari fertőtlenítőszerként.

Három peroxidtartalmú anyagot hasonlítunk össze. Az első a kereskedelmi perecetsav, amely  $15\text{ m/m}\%$  perecetsavat és  $3\text{ m/m}\%$  hidrogén-peroxidot tartalmaz, és ebből  $5\text{ kilogrammot}$   $4200\text{ Ft}$ -ért árulnak. A második a szilárd nátrium-perkarbonát, azaz  $Na_2CO_3 \cdot 1,5H_2O_2$ , ebből  $1\text{ kg}$   $1650\text{ Ft}$ . (Ezt tekintjük tiszta anyagnak, ha van benne szennyeződé, azt hanyagoljuk el.) A harmadik egy aktív oxigént tartalmazó háztartási fehérítő-, folttisztító szer, amely lényegében  $65\text{ m/m}\%$  nátrium-perkarbonát és  $35\text{ m/m}\%$  szóda keveréke. Ennek  $500\text{ grammja}$   $990\text{ Ft}$ -ért kapható.

a) *Melyik esetben milyen árban juthatunk az aktív oxigén 1 móljához? (Feltételezve és megvárva a teljes bomlást.)*

A fertőtlenítés-színtelenítés mellett fontos számunkra a kémhatás is.

b) *Milyen kémhatású az egyes anyagok vizes oldata? Indokold egyenletekkel!*

(Borbás Réka)

**K281.** Egy pétisóminta hatóanyagtartalmának meghatározásához a műtrágya  $0,100\text{ grammos}$  mintáját megfelelő, zárt készülékben oldot-

tuk, fölös mennyiségű  $2,00 \text{ mol/dm}^3$  töménységű NaOH-oldattal kevertük össze, majd kb. 1 g Devarda-ötövetet (ami  $45 \text{ m/m}\%$  alumíniumból,  $50 \text{ m/m}\%$  rézből és  $5 \text{ m/m}\%$  cinkből áll) adtunk a keverékhez, és melegíteni kezdtük. A folyamat során felszabaduló gázokat  $50,0 \text{ cm}^3$   $0,1013 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú, HCl-oldatban fogtuk fel, majd az oldatot  $100,0 \text{ cm}^3$ -re hígítottuk. Ennek  $20,0 \text{ cm}^3$ -ét metilnarancs indikátor mellett  $0,0997 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú NaOH-oldattal titrálva a fogyás  $8,96 \text{ cm}^3$  volt.

*Mi a műtrágya hatóanyag-tartalma?*

(Borbás Réka)

**K282.** Az ammónia folyékony halmazállapotban (azaz  $-33 \text{ }^\circ\text{C}$  alatt) hidrogénkötéseket alakít ki halmazában, akárcsak a víz, de az ammónia esetében ezek gyengébbek, és nem is alkotnak térhálós szerkezetű rendszert, mivel az ammóniának csak egy nemkötő elektronpárja van. Nemvizes, ionizáló oldószerként is használják. Öndisszociációja folyékony halmazállapotban ugyanúgy végbemegy, mint a víz esetén. A



folyamat egyensúlyi állandója  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ -on  $1,18 \cdot 10^{-33}$ . A folyékony ammónia sűrűsége  $0,683 \text{ g/cm}^3$ .

- Mennyi az ammónia ionizációs szorzata  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ -on?*
- Mennyi a folyékony ammóniában az ionok koncentrációja? Az ammónia hány százaléka ionizálódott?*
- Hasonlítsd össze  $1,00 \text{ dm}^3$  folyékony ammóniában és  $1,00 \text{ dm}^3$  vízben a jelenlévő ionok arányát! Az ammónia esetében  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra, a víz esetében  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra vonatkozó adatot használj, azaz a forrásponthoz közeli értékekkel dolgozz! A víziónszorzat  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ -on  $2,01 \cdot 10^{-13}$ .*

(Borbás Réka)

**K283.** A folyékony ammóniában a különféle ammóniumsók jól oldódnak. Például az ammónium-nitrát oldhatósága  $389,6 \text{ g}$  só  $100 \text{ g}$  ammóniában egy adott hőmérsékleten.

- Ezen a hőmérsékleten  $100$  oldószermolekulára hány ion jut?*

Mivel a folyékony ammóniában is végbemegy az öndisszociáció (ld. **K282.** feladat), hasonlóan, ahogy a vízben, itt is értelmezhetjük a sav-

bázis folyamatokat. Így folyékony ammóniában is végezhető sav-bázis titrálás. A végpont jelzése történhet bizonyos indikátorokkal, de vezetőképeség mérésével is, ami arányos az oldatban lévő ionok koncentrációjával. Ha kálium-amid ( $\text{KNH}_2$ ) folyékony ammóniával készített oldatának 10,0 grammjához fokozatosan adagoljuk ammónium-nitrát 1,00 m/m%-os oldatát (ahol az oldószer szintén az ammónia), akkor a vezetőképeség minimuma 3,75 g ammónium-nitrát-oldat hozzáadása esetén lép fel.

- b) *Milyen reakció megy végbe a titrálás során?*  
 c) *Hány tömegszázalékos volt a kálium-amid-oldat?*  
 d) *Válik-e ki csapadék, ha a titrálás körülményei között a képződött só oldhatósága 10,4 g 100 gramm ammóniában?*

(Borbás Réka)

**K284.\*** A szerves kémiai átalakítások egyik gyakran használt deprotonáló szere **A**, egy biner szervesetlen vegyület, amelyet nagyfokú reaktivitása miatt ásványolaj szuszpenzióban árulnak. 2,500 g-os részletét hexánnal mossuk és a nem oldódó részeket nitrogénáramban szárítjuk. A visszamaradó rész tömege 1,500 g volt. Ennek 1/3 részét metanolhoz adjuk és mérjük a felszabaduló gáz térfogatát, ami 0,516 dm<sup>3</sup>-nek adódott (25 °C-on és 100 kPa-on). A feleslegben maradt metanol elpárolgotatása után 1,125 g szilárd anyag marad vissza.

*Mi az **A** vegyület tapasztalati képlete? Hány százalékos a kereskedelmi forgalomban kapható változat hatóanyag-tartalma?*

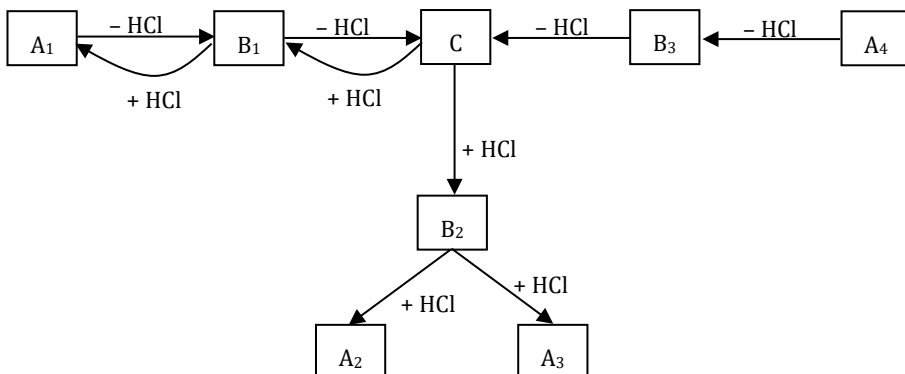
(Varga Szilárd)

**K285.\*** Az **A**<sub>1</sub> egy olyan konstitúciójú vegyület, amelynek molekulaképlete  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{Cl}_2$ , két kiralitáscentruma, de csak 3 különböző konfigurációja létezik. A vegyületből HCl-elimináció során főtermékként **B**<sub>1</sub> ( $\text{C}_8\text{H}_{15}\text{Cl}$ ), majd abból **C** ( $\text{C}_8\text{H}_{14}$ ) főtermék keletkezik, utóbbi egy konjugált dién. A **C** vegyület HCl-addíciója során főtermékként előbb **B**<sub>1</sub> és **B**<sub>2</sub> konstitúciós izomerek képződnek, majd egy újabb HCl-molekula addíciója során **B**<sub>1</sub>-ből **A**<sub>1</sub>, **B**<sub>2</sub>-ből pedig **A**<sub>2</sub> és **A**<sub>3</sub> keveréke keletkezik. **A**<sub>2</sub> és **A**<sub>3</sub> is három kiralitáscentrumot tartalmaz.

**A**<sub>4</sub> négy kiralitáscentrumot tartalmazó  $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{Cl}_2$  molekulaképletű izomer, de sztereoizomereinek száma kevesebb, mint 16. Ebből HCl-

elimináció során először **B**<sub>3</sub>, majd abból a korábbiakban említett **C** keletkezik főtermékként.

Az átalakulásokat a következő folyamatábrán foglalhatjuk össze:



$A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  és  $A_4$   $C_8H_{16}Cl_2$  molekulaképletű konstitúciós izomerek.

$B_1$ ,  $B_2$  és  $B_3$   $C_8H_{15}Cl$  molekulaképletű konstitúciós izomerek.

*Határozd meg és írd fel a nyolc ismeretlen vegyület konstitúcióját!*

(Villányi Attila)

**H276.** A borok eltarthatóságát gyakran kén-dioxid adagolásával fokozzák (ez az úgynevezett kénezés). A magyar szabvány kén-dioxid helyett kénessavtartalmat ad meg. Akármilyen adattal is, de fontos ezt a jellemzőt folyamatosan nyomon követni. Ugyanis, ha kevés van a borban (20 mg/liter kénessavnál kevesebb), gyorsan öregszik a bor, ha túl sok (50 mg/liternél több), a kellemetlen szag rontja a bor élvezeti értékét.

A kénessavtartalom gyors meghatározására bizonyos vegyszerek híg oldatait tartalmazó készleteket forgalmaznak borászoknak. A használati utasítás így szól:

1. A műanyag mérőhengerbe töltsön pontosan 10 milliliter bort!
2. Az A jelű oldatból csepegtessen a bormintához a 14 ml-es osztásig!
3. A B jelű oldatból is csepegtessen a mintához, amíg a keverék szintje eléri a 15 ml-es jelet!

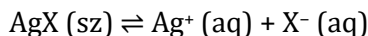
4. Folyamatos rázogatós közben csepegtessen a hengerbe a C jelű oldatból addig, amíg az mérőhenger tartalmának színe kékeslilára változik, és a szín legalább 20 másodpercig megmarad.
5. Ha az így kapott színes oldat teljes térfogata 17 és 20 ml között van, akkor nem kell a bort kénezni sem, és nincs is túlkénevezve.

Egy kémiában képzett borász szerette volna megspórolni a drága készletet, és kísérletezett kicsit az oldatokkal. A biztonsági utasítás két vegyszert említett meg: kénsav és kálium-jodát ( $\text{KIO}_3$ ), mindkettőből tudott beszerezni magának. Az eljárást a 2. pont kihagyásával kipróbálva, nem következett be színváltozás. Amikor a 3. pont maradt el, volt színváltozás, és ugyanakkora térfogat adagolása után, de a keverék nem kékeslila, hanem barnás színű lett a C oldat hatására.

- a) *Milyen anyag okozhatja a kékeslila és a barnás elszíneződést?*
- b) *A szakirodalom alapján ez az anyag keletkezik a kénessav és a jodátionok reakciójában savas közegben. Írja fel a reakció egyenletét!*
- c) *Milyen anyagokat tartalmazott a három, betűvel jelölt oldat?*
- d) *A három közül melyik oldatnak fontos pontosan beállítani a koncentrációját? Hogyan (mit és mennyit bemérve) készítsen ebből az oldatból 100 millilitert hűsünk?*

(Magyarfalvi Gábor)

**H277.** Az ezüst-klorid és ezüst-bromid vízben rosszul oldódó vegyület. Oldódásuk az

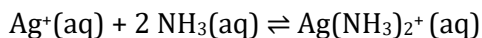


egyenlettel írható le, ahol X a halogént jelöli. Ez az egyenlet jellemezhető az oldhatósági szorzattal, azaz az

$$L = [\text{Ag}^+][\text{X}^-]$$

összefüggéssel. Ez a két só esetében  $10^{-10}$  és  $10^{-13}$  nagyságrendű, ami mutatja, hogy a fenti egyensúly csak kismértékben megy végbe.

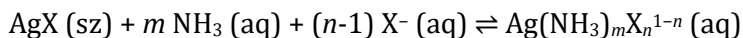
Ammónia hatására a só oldódik, mivel az ezüstionok az ammóniával komplexet képeznek a következő egyenlet szerint és egyensúlyi állan-dóval jellemezve.



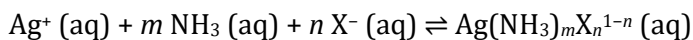
$$\beta = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}$$

A  $\beta$ , azaz a kumulált komplexstabilitási állandó nagyságrendje  $10^7$ , azaz az ezüst-halogenid oldódása során az ezüstionok nagy része komplexbe kerül az ammónia jelenlétében.

Egyes kutatók vizsgálták, hogy az ezüstionok esetében csak két ligandum kötődhet-e, vagy esetleg előfordulnak-e komplexek, ahol a koordinációs szám kettőnél nagyobb. Vizsgálták egyrészt az ezüst-klorid illetve ezüst-bromid oldhatóságát ezekben az oldatokban, másrészt pedig a képződő komplexek összetételét. A következő egyensúlyi állandókat határozták meg.



$$L_{m,n} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_m \text{X}_n^{1-n}]}{[\text{X}^-]^{n-1}[\text{NH}_3]^m}$$



$$\beta_{m,n} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_m \text{X}_n^{1-n}]}{[\text{Ag}^+][\text{X}^-]^n[\text{NH}_3]^m}$$

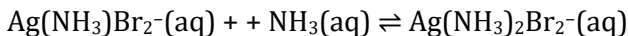
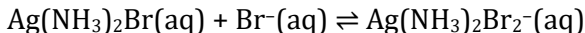
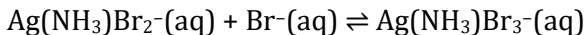
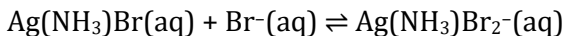
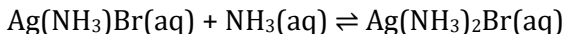
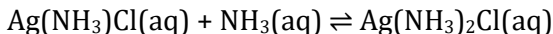
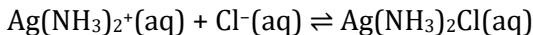
Az alábbi egyensúlyi állandókat mérték.

$(m, n)$	AgCl		AgBr	
	$L_{m,n}$	$\beta_{m,n}$	$L_{m,n}$	$\beta_{m,n}$
(2,0)	$1,11 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^7$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^7$
(2,1)	***	$1,2 \cdot 10^7$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	*
(2,2)			$7 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^7$
(1,1)	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^6$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$3,75 \cdot 10^7$
(1,2)	$1,5 \cdot 10^{-3}$		****	$6,3 \cdot 10^7$
(1,3)			$2 \cdot 10^{-4}$	**

a) Számítsd ki a fenti adatok alapján az ezüst-klorid és ezüst-bromid oldhatósági szorzatát!

b) Számítsd ki a táblázat hiányzó, csillaggal jelölt adatait!

c) Számítsd ki a következő komplexstabilitási állandókat!



d) Mutasd meg az egyensúlyi állandók segítségével, hogy a 3-as és 4-es koordinációjú ezüstkomplexek nem számottevően stabilabbak a 2-es koordinációjúnál!

e) Az ezüst-kloridra nézve telített oldatban, amely  $0,25 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú ammóniára, és  $0,50 \text{ mol/dm}^3$  ammónium-kloridra vonatkozóan, mennyi az  $\text{Ag}^+(\text{aq})$ ,  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+(\text{aq})$ ,  $\text{Ag}(\text{NH}_3)\text{Cl}(\text{aq})$ ,  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}(\text{aq})$  ionok, komplexek koncentrációjának aránya? (A számításnál csak a legfeljebb kettes koordinációjú komplexeket vesszük figyelembe, és az ammónia- illetve ammónium-klorid koncentrációját vegyük változatlanul.) Hogyan változik az előző arány, ha az ammóniakoncentráció  $2,0 \text{ mol/dm}^3$  az oldatban?

(Borbás Réka)

**H278.** Bizonyos molekulák konformerei könnyen egymásba alakulnak. Az egyes konformerek optikai aktivitása és polaritása eltérhet attól, amit a vegyületre jellemzőnek tartunk. Tekintsünk négy halogénezett etánszármazékot:

- R,S-1,2-diklór-1,2-dibróm-etán,
- R,R-1,2-diklór-1,2-dibróm-etán,
- 1,1-diklór-2,2-dibróm-etán,
- 1,1,2,2-tetraklór-etán,

és ezeknek három meghatározott konformerét:

- fedő állású, ún. szin-periplanáris, a H-C-C-H szög =  $0^\circ$ ,
- nyitott állású, ún. anti-periplanáris, a H-C-C-H szög =  $180^\circ$ ,
- ferde/gauche állású, ún. szin-klinális, a H-C-C-H szög =  $60^\circ$ .



- a) Rajzold fel a 12 szerkezetet a térbeli elhelyezkedésre ügyelve (fűrész-bak-ábra vagy Haworth-projekció a legcélszerűbb)!
- b) Milyen szimmetriaelemei vannak az egyes szerkezeteknek? Pontosabban van-e és hány szimmetriasíkja, forgási szimmetriatengelye és szimmetriaközéppontja az egyes konformereknek?
- c) Az egyes szerkezetek polárisak vagy apolárisak, illetve királisak vagy akirálisak?
- d) Hogyan egyeztethető össze az egyes konformerek királitása/akiralitása a vegyületek optikai forgatóképességével?

(Magyarfalvi Gábor)

**H279.** A telítetlenség foka hasznos jellemző, amikor összegképletekhez szerkezeteket próbálunk társítani. Nem másról van szó, mint a szerkezetben található gyűrűk és  $\pi$ -kötések együttes számáról.

- a) Mi egy cikloalkén, a  $C_5H_8$ , az adamantán, a  $C_{60}$ -as fullerén telítetlenségi foka?

Az összegképletből megkapható DBE mellett nem egyszer csak egyetlen spektroszkópai technika, az NMR eredménye is elég a szerkezet azonosításához. Az  $^{13}C$ -NMR spektrumból például kiderül, hogy a szerkezetben hányféle ekvivalens szénatom lelhető fel. Sőt sejthető, milyen környezetben vannak ezek a szénatomok. A jellegzetes tartományok szénhidrogénekben:

Szénatom környezete	Jel helyzete (ppm-ben)
négy egyszeres kötés	0-50
hármass kötés (alkin)	70-100
kettős kötés (alkén, aromás)	100-160
egy kettős kötés (allénben)	70-100
két kettős kötés (allénben)	>200

A mérés eredményeként kiderül az is, hogy az adott szénatomhoz hány hidrogénatom kapcsolódik. (A feladat megoldásához nem szükséges, de érdekes részleteket a KÖKÉL 2009/1. számának Gondolkodó rovatá-

ban is lehet találni). Egy vegyület  $^{13}\text{C}$ -NMR spektrumát az alábbi módon lehet összefoglalni. Az adatsorozat az adott típusú atomok számával (ha több van) megszorozva mutatja a hozzájuk tartozó NMR jelek helyét ppm-ben. Zárójelben a szénatom rendűségére utaló információ szerepel. Pl. az 1,3-dimetilbenzolra:

$2 \times 138$  (C), 130 (CH), 128 (CH),  $2 \times 126$  (CH),  $2 \times 21$  ( $\text{CH}_3$ )

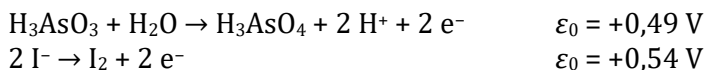
Az alábbi táblázat különféle  $\text{C}_8\text{H}_8$  izomerek spektrumait foglalja össze.

Izomer	NMR jelek
<b>A</b>	$8 \times 132$ (CH)
<b>B</b>	$8 \times 47$ (CH)
<b>C</b>	$4 \times 96$ (C), $4 \times 20$ ( $\text{CH}_2$ )
<b>D</b>	$2 \times 210$ (C), 134 (C), 113 ( $\text{CH}_2$ ), $2 \times 93$ (CH), $2 \times 79$ ( $\text{CH}_2$ )
<b>E</b>	147 (C), $2 \times 138$ (CH), $2 \times 131$ (CH), $2 \times 127$ (CH), 112 ( $\text{CH}_2$ )
<b>F</b>	142 (CH), 136 (CH), 127 ( $\text{CH}_2$ ), 120 ( $\text{CH}_2$ ), 117 (CH), 112 (CH), 91 (C), 89 (C)
<b>G</b>	$2 \times 146$ (C), $2 \times 127$ (CH), $2 \times 122$ (CH), $2 \times 30$ ( $\text{CH}_2$ )
<b>H</b>	154 (C), 151 (C), $2 \times 136$ (CH), $2 \times 128$ (CH), $2 \times 37$ ( $\text{CH}_2$ )
<b>I</b>	157 (C), 101 ( $\text{CH}_2$ ), $2 \times 26$ (CH), $4 \times 19$ (CH)

b) *Javasolj az adatoknak megfelelő szerkezeteket!*

(egyesült királyságbeli feladat)

**H280.** Az arzénsav/arzénessav- valamint a jód/jodid-rendszer pH-függő kölcsönös redoxi viselkedése jól ismert, aminek oka a standard redoxipotenciálok hasonló értéke:



Két edényben 100-100  $\text{cm}^3$  oldatunk van. Az egyikben arzénsav és arzénessav 1,00-1,00  $\text{mol}/\text{dm}^3$  koncentrációban, a pH értéke 5,3. A másik

edényben  $I_2$  és  $I^-$ , amelyeknek koncentrációja rendre 0,001 és 1,00 mol/dm<sup>3</sup>.

- a) *Számítsuk ki a redoxpotenciálok értékét a két oldatban!*
- b) *Hány gramm tömény kénsavat kell az arzénes rendszerhez adagolnunk, hogy a redoxpotenciálok azonosak legyenek? A térfogatváltozást elhanyagoljuk.*
- c) *Ha a redoxpotenciálok azonosak, akkor a két oldatot összeönthetjük anélkül, hogy bármi változást várnánk. Vagy mégse? Eltolódik-e a redoxi egyensúly?*
- d) *Ha igen, hány gramm tömény kénsavat vagy szilárd NaOH-ot (a térfogatváltozást elhanyagoljuk) kell az egyesített rendszerhez adagolnunk, hogy az előző egyensúlyi helyzet visszaálljon?*

(A feladatban minden adat 25 °C és 1 atm-ra vonatkozik.)

(Homonnay Zoltán)