

GONDOLKODÓ



Feladatok kezdőknek

Alkotó szerkesztő: Tóth Albertné
toth.albertne@freemail.hu

MEGOLDÁSOK

K101. a) A $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os oldat tömege $120,7\text{ g}$, mert $88,32\text{ g}$ vízből és $32,38\text{ g}$ kristályvizes sóból áll. Ismeretes, hogy CuSO_4 -ra az oldat $17,15\text{ m/m}\%$ -os, így kiszámítható az oldott CuSO_4 tömege: $m_s = 20,70\text{ g}$. Kivonva ezt a kristályos anyag tömegéből, kapjuk, hogy a kristályvizes só $11,68\text{ g}$ kristályvizet tartalmaz. A CuSO_4 és a H_2O moláris tömegének ismeretében a két komponens anyagmennyisége kiszámítható. $n_1 = 20,7\text{ g} / 159,5\text{ g/mol} = 0,13\text{ mól}$. A kristályvízre: $n_2 = 11,68\text{ g} / 18\text{ g/mol} = 0,65\text{ mól}$. Ennek alapján a $\text{CuSO}_4 \cdot X \text{H}_2\text{O}$ jelölésben $X=5$. A képlet: $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$.

b.) A moláris tömegek ismeretében kiszámíthatjuk, hogy a kristályos vegyület $63,92\%$ -a CuSO_4 , a többi víz. A további $73,82\text{ g}$ kristályos anyag oldásával tehát a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on telítetté váló oldat tömege $194,54\text{ g}$ -ra növekszik, benne a CuSO_4 tömege $20,70\text{ g} + 73,82 \cdot 0,6392\text{ g}$, azaz $67,88\text{ g}$. Az oldószer tömege ekkor $126,66\text{ g}$. Ebből következik, hogy $53,61\text{ g}$ $\text{CuSO}_4/100\text{ g}$ víz az az oldhatóság mértéke $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on. Ha a víz tömegétörtje $0,8$ az oldatban:

c.) $126,66\text{ g} + x = 0,8 \cdot (194,54 + x)$ egyenlet szerint $x = 144,94\text{ g}$ víz hozzáadása esetén teljeseül.

d.) Az oldatok fagyáspont-csökkenése és forráspont növekedése miatt az oldhatósági táblázat kiszélesedhet. (szirupok, sűrítmények esetén indokolt).

Magyari Sarolt 8.o.tan., Fazekas Mihály Fővárosi Gyak.Ált. Isk. és Gimn.

K102. Adatok: $c_{\text{lúg}} = c_{\text{sav}}$, $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0,04 \text{ mol/dm}^3$,

$c^*(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 4,26 \text{ g/dm}^3$ $M_{\text{só}} = 142 \text{ g/mol}$,

e két utóbbiból $\rightarrow c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,03 \text{ mol/dm}^3$



$V(\text{dm}^3)$	V_1	$V_2 = 1 - V_1$	1
$n_v (\text{mól})$	—	0,01	0,03
$n_0 (\text{mól})$	0,06	0,04	—
$c_0 (\text{mol/dm}^3)$	$0,06/V_1$	$0,04/1 - V_1$	—

A $0,06/V_1 = 0,04/1 - V_1$ kezdeti feltétel alapján $V_1 = 0,6 \text{ dm}^3$, $V_2 = 0,4 \text{ dm}^3$.

A NaOH és H_2SO_4 -oldat térfogat-aránya: $V_1 : V_2 = 3 : 2$.

A reakció lejátszódása után az oldat savas kémhatású a többletben lévő oxónium-ionok miatt ($\text{pH} < 7$). Ennek oka a $0,01 \text{ mól/dm}^3$ koncentrációjú kénsav. Két lépcsős teljes disszociációt feltételezve :

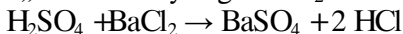
$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,02 \text{ mol/dm}^3$

melyből, $1 < \text{pH} \geq 2$. (A pH definíciója értelmében $\text{pH} = 1,7$)

Fésüs Viktória 9.o.tan.Kaposvár, Táncsics Mihály Gimnázium

K103. Reakcióegyenlet a kénsav és bárium-klorid között

- Az egyenlet alapján a H_2SO_4 mennyiségének számítása (BaSO_4)
- A KOH anyagmennyiségének kiszámítása ($n = V \cdot c$)
- A HCl anyagmennyiségének megállapítása különbség alapján
- A 10,00 g oldatban lévő víz tömegének kiszámítása
- A savak és a fém kálium reakcióin túl a (víz + kálium) reakciója
- A „fölös” mennyiségű BaCl_2 kalkulációja

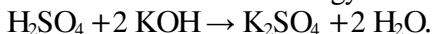


$$n(\text{sav}) = n(\text{csapadék}) = 0,933 \text{ g} / 233 \text{ g/mol} = 0,004 \text{ mól}$$

A savkeverékben tehát 4mmól kénsav van.

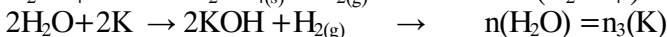
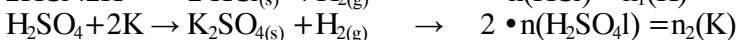
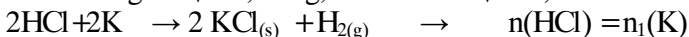
A KOH mennyisége: $n(\text{KOH}) = 0,02 \text{ dm}^3 \cdot 0,5 \text{ mól/dm}^3 = 0,01 \text{ mól}$

A közömbösítések reakcióegyenletei: $\text{HCl} + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$, és



Az egyenletek alapján látható, hogy a savak közömbösítésére fogyott $0,01 \text{ mól KOH}$ -ból a kénsav-hoz $2 \cdot 0,004 = 0,008 \text{ mól}$ kellett, a többi, vagyis $0,002 \text{ mól}$ a HCl-ra fogyott. $\rightarrow$ A két sav moláris tömegének ismeretében $m_i = n_i \cdot M_i$

$m(\text{HCl}) = 0,073 \text{ g}$, $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,392 \text{ g}$. A savak össz. tömege $0,465 \text{ g}$, a víz tömege: $m_v = 9,535 \text{ g}$, molszáma: $n_v = 0,529 \text{ mól}$



A kálium anyagmennyisége: $n_{\text{össz}} = n_1 + n_2 + n_3 = 0,539 \text{ mól}$. A fém moláris tömegének ismeretében a reagáló K tömege: $21,02 \text{ gramm}$.

A „főlös” mennyiségű reagens mennyiségét úgy számítjuk ki, hogy úgy tekintjük a keveréket, mintha csak a kérdéses reakciópartnert tartalmazná, s azt is a legnagyobb töménységben.

Szarvas Kata, 10.o.tan. Budapest, Budai Nagy Antal Gimnázium

K104 Az oldatok fagyáspontjának alacsonyabb volta a tiszta oldószeréhez képest, „csak” jelenség szinten ismerhető tizenévesként, tehát nem is várható, hogy gyorsan és nagy biztonsággal dolgozzátok fel a közölt adatsort. A töprengés azonban nem volt hiábavaló! (Szerk.)

A kémiafeladatok egy része (ld. matematika, fizika) nemcsak algebrai, hanem grafikus módszerekkel is megoldható, vagy célszerű úgy megoldani. A válaszhoz „látványos” segítséget nyújtott volna, ha pl. a II. és III. táblázat adatati derékszögű koordináta-rendszerben ábrázoljátok (IV. síknegyed). Az adatok (koordináták) folytonos vonallal összeköthetők (...), s így a köztes értékek is jól leolvashatók. Az un. milliméter-papíron való ábrázolás most ugyan elmaradt, de megtanultatok másképpen interpolálni. (www.sci.u-szeged.hu)

Megoldás: Az I-es és II. táblázatból kiolvasható adat: a vizes oldat fagyáspontja lecsökken $-1,86^\circ\text{C}$ -ra, ha az oldat 100 g vízből és $0,1 \text{ mól}$ oldott anyagból áll. A III. táblázat nem közöl $-1,86^\circ\text{C}$ -hoz

tartozó $\text{m/m}\%$ értéket, azt meg kell határozni két szomszédos adat-ból. 1% tömeg-koncentráció változás a fagyáspontot $0,36^\circ\text{C}$ -kal csökkenti. Az 5% -hoz tartozó $-1,86^\circ\text{C}$ -ot $0,19^\circ\text{C}$ -kal kell tovább csökkenteni. Ennyi változást úgy lehet elérni, ha az oldat töménységét $0,527 \text{ m/m}\%$ -al növeljük, azaz $5,527\%$ -ra töményítjük. Összevetve: Ha 100 g vízben $0,1 \text{ mól}$ anyag van oldva, akkor az oldat $5,527 \text{ m/m}\%$ -os. Ez utóbbi jelentése: $94,473 \text{ g}$ vízben $5,527 \text{ g}$ oldott anyag van. Arányosan: 100 g víz $5,85 \text{ g}$ oldott anyagot tartalmaz. Az $M = m/n$ összefüggés szerint az oldott anyag moláris tömege $58,5 \text{ g/mól}$. Alkálifém-vegyületről lévén szó: NaCl a kérdéses anyag.

A 0,1 mól só/100g víz töménységű oldattal egyező töménységű az 1mól só/ 1000g víz, tehát ez utóbbi oldatnak is $-1,86^{\circ}\text{C}$ a fagyás-pontja. A -5°C -os fagyáspontú oldat NaCl-ra nézve 4,16 n/n%-os.

Rutkai Zsófia, 9.o.tan. Budapest, Jedlik Ányos Gimnázium

K105. A 35,29 térfogat%-os O_2 tartalmú levegőben 64,71 térfogat% N_2 -t feltételezünk. Avogadro törvénye értelmében ez az összetétel 35,29 mól O_2 -ből és 64,71 mól N_2 -ből álló elegynek felel meg. Ehhez x mól metánt keverve kapunk egy, a levegőtől kisebb sűrűségű gázt. A gázelegy átlagos moláris tömege $29 \text{ g/mol} \cdot 0,945 = 27,405 \text{ g/mol}$. Ennek ismeretében kiszámítható, hogy a 100 mólnyi oxigéndús levegőhöz mennyi metánt keverték..

$27,405 = (35,29 \cdot 32 + 64,71 \cdot 28 + 16 \cdot x) : (100 + x) \rightarrow x = 17,59$ mól metán.

A gázelegy 117,59 mólnyi gázában a metán-tartalom 15V/V%, az O_2 tartalom 30 térfogat%, a N_2 mennyiség 55 térfogat%. Égési folyamat:

$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, Az egyenletből és a gázelegy összetételéből kiolvasható, hogy a metán és az oxigén teljesen "elfogy". A füstgázt 64,71 mól N_2 , 17,59 mól CO_2 és 35,29 mól vízgőz keletkezett.

Mivel a füstgáz anyagmennyisége megegyezik az égés előtti gáz-mennyiséggel, ezért a reakcióter nyomása nem változik meg.

A füstgáz tömeg%-os összetétele:

	CO_2	H_2O	N_2
n(mól)	17,59	35,29	64,71
M(g/mol)	44	18	28
m(g)	779,96	635,22	1811,88
m/m%	24,03 %	19,72%	56,25 %

A 20 kmol éghető gázelegy 3 kmól = 3000 mól metánt tartalmaz.

A Hess –tétel alapján számított reakcióhő értéke: $Q_M = -798,6 \text{ kJ/mol}$.

A 3 kmól metán égése elméletileg 2 395,8 MJ energiát szolgáltat.

Ennyi energiával felmelegíthetünk 7605 dm^3 vizet 25°C -ról 100°C -ra ; egy 215 tonnás vasbeton tömb felmelegszik 24°C -kal .

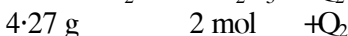
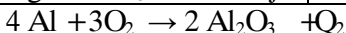
Tóth Ferenc 9.o.tan. Hajdúdorog, Szent Bazil Oktatási Központ

(Megjegyzés: többen is említették az Irinyi János kémiaverseny első fordulójának egyik feladatából: "egy ház átlagos havi energiafogyasztása 7270 MJ", tehát a fenti energia kb.10 napra elég.

Az energia-termeléssel kapcsolatos számítások nagy figyelmet igényelnek az elkerülhetetlen hővesztesség, rossz hatásfok, levegő-felesleg-igény, inhomogenitás és még számos tényező miatt)

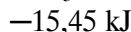
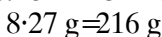
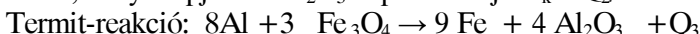
K106. A magnetit képződéshőjének meghatározása a termitreakció alapján

1 gramm Al oxidációja	Reakcióhő:- 31,03 kJ	$\rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$ képződéshője
1 g Al +Fe ₃ O ₄ reakciója	Reakcióhő:- 15,45 kJ	$\rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ képződéshője



$$\underline{1 \text{ g} \quad \quad \quad - 31,03 \text{ kJ} \quad , \text{ melyből } \text{Q}_2 = - 3351,24 \text{ kJ}}$$

A reakcióegyenlet szerinti 3351,24 kJ hő 2 mólnyi Al₂O₃ keletkezését kíséri, mely alapján az Al₂O₃ képződéshője $H_k = \text{Q}_2/2 = -1675,62 \text{ kJ/mol}$.



Az aránypár alapján $\text{Q}_3 = - 3337,2 \text{ kJ}$ hő fejlődik sztöchiometrikus mennyiségekkel. A Hess-törvény szerint:

$\text{Q}_3 = n_1 H_k(\text{Al}_2\text{O}_3) - n_2 H_k(\text{Fe}_3\text{O}_4)$, figyelembe véve, hogy az elemek képződéshője egyezményesen 0.

A keresett mennyiség: $H_k = (n_1 H_k(\text{Al}_2\text{O}_3) - \text{Q}_3) : n_2$. Behelyettesítve: a magnetit képződéshője: $H_k = /4 \cdot (-1675,62) - (-3337,2 \text{ kJ}) / : 3 = -1121,76 \text{ kJ/mol}$.

A reakció jelentősége a végtermékek "oldalán" olvasható ki: a **vas** és a **hő**. E módszerrel tiszta elemi vashoz jutunk, ill. a reakcióhő olyan nagy, hogy pl. sínek hegesztése is megoldható általa. Tűzijátékokhoz is alkalmazzák.

Vass Csaba 9.o.tan.Hódmezővásárhely, Bethlen Gábor Ref. Gimnázium

K107. $\text{pH}=1,00 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1 \text{ mol/dm}^3$, így sósav koncentrációja is.

A reakció: $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2^\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ alakban írható fel.

A képletek mennyiségi jelentése alapján megkapjuk, hogy 0,1680g szódabikarbóna 0,073 g sósavval reagál. Az egyenlet alapján a $\text{CO}_2^\uparrow$ térfogata a 49cm^3 standard viszonyok között. A pipetta térfogata az oldatra vonatkozó $V = n / c$ képlettel: $V = (0,002 / 0,1) \text{ dm}^3 = 20 \text{ cm}^3$. A mérőlombik 250 cm^3 -es oldatában $m = M \cdot n = M \cdot V \cdot c = 0,9125 \text{ g}$ HCl van. Ehhez $3,65\text{g } 25\text{m/m}\%$ -os, $1,125\text{g/cm}^3$ sűrűségű oldat kell, melynek térfogata $3,25\text{cm}^3$.

A mérőlombikba betöltött víz mennyiségét a fenti adatokból **nem lehet** kiszámolni, mert nem tudjuk a 250 cm^3 oldat sűrűségét .
(Az oldatkészítésénél a „jelig töltjük” cselekvéssel mellőzzük ezt az információt)

Bosits Miklós Hunor 8. o. Érd, Vörösmarty M. Gimnázium

K108. a.) Vegyünk mindkét ötvözetfajtából 100 g-ot. Ekkor:

	1.ötvözet		2.ötvözet	
Összetevő	65g Ag +35g Au		35g Ag +65g Au	
Térfogat	65/10,5 6,19 cm³	35/19,3 1,81cm³	35/10,5 3,33 cm³	65/19,3 3,37 cm³
Térfogat*	V _{ötvözet} =8,00 cm ³		V _{ötvözet} =6,70 cm ³	
Víz tf-a	8,00 cm ³		6,70 cm ³	
V ₁ /V ₂	8 cm ³ /6,70 cm ³ =1,19			
Válasz:	A nagyobb ezüst tartalmú ötvözet 1,19-szer több vizet szorít ki			

b.) A HNO_3 töménységétől függően NO_2 vagy NO gáz fejlődése közben reagál az ezüsttel. 65%-os savval: $\text{Ag} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
híg(35%-os) savval : $3\text{Ag} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{AgNO}_3 + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$

A feladat megoldása a két reakcióegyenleten alapul. További összefüggések: a sav tömege fordítottan arányos a töménységével(%), valamint az oldat térfogata : $V = m / \rho$

	1.ötvetzet		2.ötvetzet	
Összetevő	65g Ag +35g Au		35g Ag +65g Au	
molszám n=m/M	65/107,9 n₁=0,6024	nem reagál	35/107,9 n₁=0,3244	nem reagál
n (sav)	2·0,6024 mol =1,2048 mol		(4·0,3244)/3 =0,4325 mol	
m _{HNO3}	1,2048·63 =75,90 g		0,4325·63=27,25 g	
m _i /m%	75,9 / 0,65 = 116,8		27,25 /0,35 =77,89	
V=m/p	V ₁ =116,8 g / 1,4 g/cm ⁻³		V ₂ =77,89g/1,125 g/cm ⁻³	
Sav tf.	83,41 cm ³		69,20 cm ³	
Válasz: (V ₁ /V ₂) A cc.HNO ₃ -ból 1,20-szer nagyobb térfogatú kell.				

Milyen roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek lehetnek?

- Pl. a röntgenfluoreszcencia spektroszkópia. A vizsgálandó anyagot röntgensugárzásnak vetik alá, ennek hatására az atommaghoz közeli elektronok gerjesztődnek (ionizáció). A létrejött elektronhiány a magasabb energiaszintű pályákról pótlódik. Ez a folyamat röntgen sugárzás kibocsátását eredményezi. A sugárzás hullámhossza az anyagi minőségtől, intenzitása az anyag mennyiségétől függ..

Sebő Anna 9.o.tan. Budapest, Apáczai Csere János Gimnázium

K109.

A paraffinok (T) forráspontja °C-ban a C_1 - C_{18} tartományban jó közelítéssel számítható ki a következő összefüggéssel („n” a szénatom számot jelenti.)

$$T = 0,057n^3 - 3,26n^2 + 63,8n - 211,7$$

Meghatározandó a 84,50 m/m% szenet tartalmazó paraffin forráspontja!

Megoldás: A m/m% jelentése, valamint a paraffinok általános összegképletének C_nH_{2n+2} ismeretében tekintsünk 100 g paraffint $\rightarrow$ mely 84,50 g szenet, és 15,50g hidrogént tartalmaz. Anyagmennyiségek kiszámítása:

$$n_C = m_C/M_C = 84,5 \text{ g} / 12 \text{ g/mol} = 7,0416 \text{ mol és}$$

$$n_H = 15,5 \text{ g} / 1 \text{ g/mol} = 15,50 \text{ mol}$$

$$n_C/n_H = 21,125:46,5 = 10:22, \text{ tehát } C_{10}H_{22}\text{-ről (dekánról) lehet szó.}$$

A forráspont a megadott képlet szerint:

$$T = 0,057 \cdot 1000 - 3,26 \cdot 100 + 63,8 \cdot 10 - 211,7 = 57 - 326 + 638 - 211,7 = 157,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

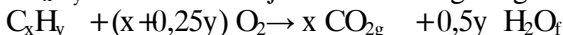
A kérdéses paraffin forráspontja várhatóan $157,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ a megadott képletből.

(Szakirodalmi érték: $174 \text{ } ^\circ\text{C}$. Érdemes a különbség megítélésén elgondolkodni. Versenyzőnk nem találta elég jónak a közelítést, következőképpen javítani kellene a közelítő-formulán. Hogyan is lehetne hozzáfogni a képlet tökéletesítéséhez? Milyen akadályokkal kell jobban megbirkóznunk, hogy a jelenlegitől jobb legyen a matematikai modellünk? Nos a lecke „föl van adva”! Szerk.)

Varga Bence 10.o. tan. Zalaegerszeg, Zrínyi Miklós Gimnázium

K110. Az ismeretlen összetételű szénhidrogén gáz $5,0 \text{ dm}^3$ -ét $35,0 \text{ dm}^3$ oxigéngázzal elegyítve, elégetve olyan égéstermékot eredményez (H_2O_f), melynek 20V/V %-a O_2 , 80V/V %-a CO_2 . Mi lehet ez a vegyület?

Az általánosan C_xH_y összetételűnek jelölt szénhidrogén égési egyenlete:



1 mol	$(x + 0,25y) \text{ mol}$	$x \text{ mol}$	$0,5y \text{ mol}$
5 mol	$(35 - 1,25x) \text{ mol}$	$5x \text{ mol}$	$5y/2 \text{ mol}$

Az egyenletben szereplő együtthatókra felírható a következő aránypár

$$1 : (x + 0,25y) = 5 : (35 - 1,25y), \text{ melynek eredménye: } 5x + y = 28$$

A szóba jöhető homológ sorozatokban „y” csak páros szám lehet, továbbá „y” nagyobb, vagy egyenlő x-szel, így ezek ismeretében kell kémiai megoldást keresni.

Paraffin	a.) Alkén	Alkin	Aromás vegyület
	b.) Cikloalkán	Dién	
—	$x = 4, y = 8$	—	—

A keresett vegyület összegképlete: C_4H_8 . Mindkét homológ sorában lehetnek izomerek: a.) but-1-én, but-2-én, 2-metilprop-1-én, b) ciklobután, 1-metil-ciklopropán.

Gál Szabolcs 9.o.tan. Budapest, Szent István Gimnázium

Szünidei feladat: Ki is ez a mitológiai személy?

„Atyja Zeus, anyja Atlasnak, az égboltot vállain tartó titánnak a leánya, Maia. A legelőiről híres Arkadiában született. Ő a leleményesség, az ügyesség, a felfurakító istene. Már mint csecsemő egész nyáját hajtatja el, de találékonyságával segítségére is van az isteneknek és embereknek egyaránt. Az életet megszépítő és megkönnyítő eszközök egész sorának ő a feltalálója. Békateknőből elkészíti az első lantot, és a darvak repüléséből - melyben a mi népünk képzelete is V-betűt lát - elleszi a betűvetést. Sokoldalú jelentősége mind erre az egy tulajdonságára: a találékonyságra vezethető vissza. Ő a talpraesettség, a szerencsés pillanat, az önként kínáló jó alkalom maga.”

A 2008/2009. tanév versenyeredményei (Elérhető max. pont 100 pont)

	Név	Iskola	Pont	I-II.	III	IV.
8. osztályosok						
1.	Bosits Miklós	Érd, Vörösmarty G.	85,5	48	16	21,5
2.	Magyari Sarolt	Bp. Fazekas Gimn.	74	46,5	10	17,5
3.	Nagy Fruzsina	Bp. Fazekas Gimn.	40	31	—	9
9. osztályosok						
1	Sebő Anna	Bp. Apáczai, Cs. J. G	97	48	25	24
2	Rutkai Zsófia	Bp. Jedlik Á. Gimn.	84,5	41	23,5	20
3	Vass Csaba	Hódmez. Bethlen G	79	38,5	21,5	19
4	Gál Szabolcs	Bp. Szent. István G.	76	41	16,5	18,5
5	Tóth Ferenc	Hajdúdorog Gör. G	69,5	25	23,5	21
6	Fésüs Viktória	Kaposvár, Táncsics	51	36	15	—
7	Palancsa Vivien	Kaposvár, Táncsics	33,5	33,5	—	—
8	Horváth Timót	Kaposvár Táncsics	28,5	28,5	—	—
9	Nagy Imre	Hajdúdorog Gör. G.	10	10	—	—
10	Pálfi Dóra	Bp. Németh L. Gimn	17	17	—	—
11	Tuza Réka	Bp. Patrona H. Gimn	16	16	—	—
12	Martonosi Péter	Hódmező. Bethlen	10	10	—	—
13	Vadkerti Virág	Bp. Patrona H. Gimn	9	9	—	—

14	Pacsai Anna	Bp.Patrona H.Gimn	8	8	—	—
15	Süle Viktor	Nyárad, Gimn.	8	8	—	—
16	Nagy Áron	Hódmező. Bethlen	7	7	—	—
17	Holló Beatrix	Bp. Patrona H.Gimn	6	6	—	—
18	Körmendi Rita	Bp. Patrona H.Gimn	5	5	—	—
19	Kiss Veronika	Bp. Patrona H.Gimn	4	4	—	—
20	Sándor Alexandra	Bp.Németh L.Gimn	4	4	—	—
10.osztályosok						
1	Varga Bence	Zalaegers. Zrínyi G.	94,5	50	24,5	20
2	Szarvas Kata	Bp. Budai Nagy G	92,5	45,5	24	23

Gratulálunk valamennyi versenyzőnek és felkészítő tanáraiknak. A 8. és 10 évfolyamos tanulók első két helyezettjét és a 9. évfolyam első 5 helyezettjét egy éves KÖKÉL előfizetéssel jutalmazzuk.

Feladatok haladóknak

Szerkesztő: Magyarfalvi Gábor és Varga Szilárd
 (gmagyarfalvi@chem.elte.hu, szilard.varga@bolyai.elte.hu)

Megoldások

H101.

a) 1 pont

$$\text{NH}_3\text{-oldat: } K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{0,1 - [\text{OH}^-]} \Rightarrow \text{pH} = 11,12$$

HCl-oldat: $\text{pH} = 1$

$$\text{NH}_4\text{Cl-oldat: } \frac{K_v}{K_b} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,05 - [\text{H}^+]} \Rightarrow \text{pH} = 5,27; \alpha_{\text{NH}_4^+} = 1,069 \cdot 10^{-4}$$

c) 4 pont

$$c_{\text{NH}_4^+} = 0,025 \text{ mol/dm}^3; \alpha' = \frac{\alpha_{\text{NH}_4^+}}{2} = 5,345 \cdot 10^{-5}$$

$$c_{\text{HA}} = 0,05 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{Egyensúlyban: } [\text{NH}_3] = 0,025\alpha'; [\text{NH}_4^+] = 0,025(1 - \alpha')$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{s(\text{NH}_4^+)} [\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = \frac{K_{s(\text{NH}_4^+)} (1 - \alpha')}{\alpha'} = 1,069 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \text{pH} = 4,97$$

b) 1 pont

HA-ból származó H^+ -ok:

$$x = [\text{H}^+] - 0,025\alpha' = 9,354 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 = [\text{A}^-]$$

$$K_{s(\text{HA})} = [\text{H}^+] \frac{[\text{A}^-]}{c_{\text{HA}} - [\text{A}^-]} = 2,00 \cdot 10^{-9}$$

d) 4 pont

Ha kihagyjuk az ammóniát az oldatból:

$$V_{\text{HA}} : V_{\text{HCl}} = 2 : 1 \Rightarrow c_{\text{HCl}} = \frac{0,1}{3} \text{ mol/dm}^3; c_{\text{HA}} = \frac{0,2}{3} \text{ mol/dm}^3$$

$$K_{s(\text{HA})} = \frac{[\text{H}^+][\text{H}^+] - c_{\text{HCl}}}{c_{\text{HCl}} + c_{\text{HA}} - [\text{H}^+]} \Rightarrow \text{pH} = 1,48$$

Gyenge savból származó H^+ – ok aránya:

$$\frac{[\text{H}^+] - c_{\text{HCl}}}{[\text{H}^+]} \cdot 100\% = 1,2 \cdot 10^{-5} \%$$

(Klencsár Balázs)

H102.

a) Az egyensúlyi folyamatokra felírt disszociációs állandók és a vízionszorzat:

$$K_c = [\text{H}^+][\text{Ac}]/[\text{HAc}]$$

$$K_a = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]/[\text{NH}_3]$$

$$K_1 = [\text{H}^+][\text{HOx}]/[\text{H}_2\text{Ox}]$$

$$K_2 = [\text{H}^+][\text{Ox}]/[\text{HOx}]$$

$$K_v = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$$

Az anyagmérleg, amiket a vizsgált rendszerünkben felírhatunk:

$$c_1 = [\text{Na}^+]$$

$$c_1 = [\text{Ac}] + [\text{HAc}]$$

$$c_2 = [\text{NH}_3] + [\text{NH}_4^+]$$

$$c_2 = [\text{Ox}] + [\text{HOx}] + [\text{H}_2\text{Ox}]$$

A töltésemlegesség miatt felírható töltésmérleg:

$$[\text{Na}^+] + [\text{NH}_4^+] + [\text{H}^+] = [\text{Ac}] + [\text{HOx}] + 2[\text{Ox}] + [\text{OH}^-]$$

végül a válasz a kérdésre:

$$\text{pH} = \log[\text{H}^+].$$

b)

paraméter	ismeretlen
$K_c, K_a, K_1, K_2, K_v, c_1, c_2$	$[\text{H}^+], [\text{OH}^-]$ $[\text{Ac}], [\text{HAc}], [\text{Ox}], [\text{HOx}], [\text{H}_2\text{Ox}]$ $[\text{Na}^+], [\text{NH}_3], [\text{NH}_4^+]$ pH

Az egyenletrendszer tehát megoldható, hisz 11 ismeretlenhez 11 független egyenletünk van.

c) Nem szükséges változtatni az egyenletrendszeren, hisz a víz autodisszociációját már a vízionszorzáttal és az anyag-, töltésmérleg-egyenletekkel figyelembe vettük.

(Kóczán György)

H103.

A megoldáshoz célszerű kiszámítani az alábbi táblázat jobb oldalán feltüntetett tömegarányokat.

A telített oldat összetétele (tömegszázalék)			$\frac{m(\text{víz})}{m(\text{ecetsav})}$	$\frac{m(\text{víz})}{m(\text{oxálsav})}$
$(\text{COOH})_2$	CH_3COOH	H_2O		
24,33	0,00	75,67		3,110
23,71	6,84	69,45	10,154	2,929
23,14	11,47	65,39	5,701	2,826
21,32	21,90	56,78	2,593	2,663
19,39	33,02	47,59	1,441	2,454
15,53	50,62	33,85	0,669	2,180
12,12	66,55	21,33	0,321	1,760
11,66	74,09	14,25	0,192	1,222
11,98	76,56	11,46	0,150	0,957
13,05	78,03	8,92	0,114	0,684
16,12	77,34	6,54	0,085	0,406
19,84	74,52	5,64	0,076	0,284

a) A oxálsav/víz tömegarány nő az ecetsav/víz tömegarány növekedésével, tehát adott mennyiségű víz felhasználása esetén annál több oxálsav oldható fel az elegyben, minél több ecetsavat tartalmaz. Tehát $1 \rightarrow 14$ irányban nő a maximálisan feloldható vízmentes oxálsav mennyisége.

b) A 100 g oldószerben feloldható oxálsav mennyisége és a keletkező oldat tömegszázalékos összetétele egy irányban változik. Tehát a növekvő sorszámmal előbb csökken, majd egy minimumot elérve nő a maximálisan feloldható vízmentes oxálsav mennyisége.

c) A szilárd fázis $(\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, tömege legyen x gramm. Ebben $0,714x$ g $(\text{COOH})_2$ és $0,286x$ g víz van.

A telített oldatra felírható a következő összefüggés:

$$0,2433 = \frac{33 - 0,714x}{114 - x}; \text{ amiből } x = \mathbf{11,18}.$$

Az ecetsav adagolása után keletkező telített oldatban $\frac{m(\text{víz})}{m(\text{oxálsav})} =$

$$\frac{81}{33} = 2,455. \text{ A táblázat szerint ekkor } \frac{m(\text{víz})}{m(\text{ecetsav})} = 1,441, \text{ tehát a}$$

szükséges ecetsav tömege **56,2 g**.

d) $V_{\text{oldat}} = 95,33 \text{ cm}^3 \rightarrow n_{\text{ecetsav}} = 0,667 \text{ mol} \rightarrow m_{\text{ecetsav}} = 40,07 \text{ g}$

Ha az összes oxálsav-dihidrát feloldódna, az oldat összetétele a következő lenne:

$$(\text{COOH})_2: \quad 0,714 \cdot 30 = 21,42 \text{ g}$$

$$\text{H}_2\text{O}: \quad 0,286 \cdot 30 + 59,93 = 68,51 \text{ g}$$

$$\text{CH}_3\text{COOH}: \quad 40,07 \text{ g}$$

$$\frac{m(\text{víz})}{m(\text{ecetsav})} = 1,71, \text{ amiből a táblázat szerint az következik, hogy az}$$

oldat maximális oxálsavtartalma 20 tömegszázalék körüli, de biztosan több, mint 19,39 %. A mi esetünkben ez az érték

$$\frac{21,42}{130} \cdot 100 = 16,5 \%, \text{ tehát a kristályvizes oxálsav maradéktalanul}$$

feloldódik.

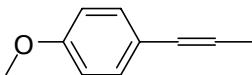
(Zagyi Péter)

H104.

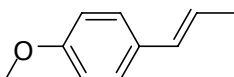
a) Az összegképletből és a moláris tömegből számítható a vegyület összegképlete: **$\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}$** .

b) A kísérleti eredményekből nyerhető információk:

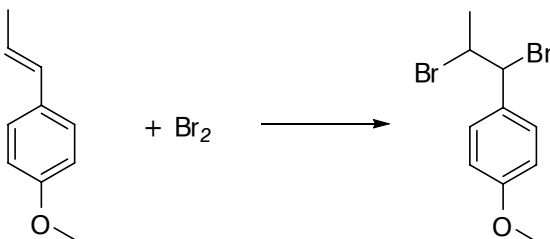
Brómozási reakció arra utal, hogy a molekulában egy kettős kötés található. Az oxidációs reakcióból megismerjük a molekula szerkezetét, de a kettős kötés pontos térszerkezetéről nincs információnk:



Az égéshő adatok alapján a kettős kötés térállására következtethetünk, ami transz. Tehát az anetol szerkezete:



c)



e) Az anetol képződéshője abszolút értékben nagyobb, előjelesen nézve kisebb. Ez az állítás könnyen belátható Hess-tételével. Mindkét vegyület égetése során ugyanazok a termékek keletkeznek ugyanolyan mennyiségben.

A feladatra 22 megoldás érkezett, ebből 12 volt hibátlan. A legtöbb problémát a feladat megoldása során a vegyület geometriai tulajdonságainak meghatározása okozta. A pontátlag 9,18 pont.

(Varga Szilárd)

H105.

20,00 g levegő 4,66 g O_2 -t (0,1456 mol) és 15,34 g (0,5479 mol) N_2 -t tartalmaz.

Feltételezhetjük, hogy 1,00 g szerves vegyület elégetésekor 0,714 g H_2O és 3,14 g CO_2 keletkezett.

A lúgoldaton történő átvezetés után visszamaradó gázelegy csak nitrogént és oxigént tartalmaz, tömege $21 - 0,714 - 3,14 = 17,146$ g. Ebből 1,804 g O_2 (0,0564 mol) és 15,34 g N_2 .

Megállapíthatjuk tehát, hogy

- az égés során N_2 nem keletkezett

- az égéshez $4,66 - 1,804 = 2,856$ g ($0,0893$ mol) O_2 kellett.

A $100\text{ }^\circ\text{C}$ -os égéstermék anyagmennyisége $0,7114$ mol, ebből $0,5479$ mol N_2 , $0,0564$ mol O_2 .

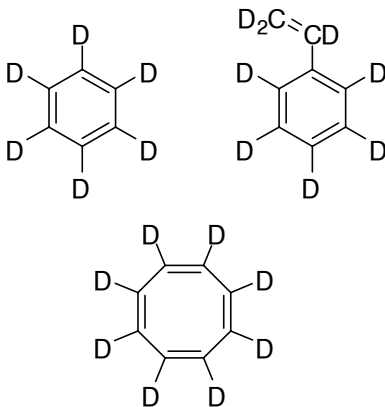
Ha a többi H_2O ($0,03967$ mol) és CO_2 ($0,07136$ mol), ellentmondásra jutunk, hiszen az anyagmennyiségek összege eltér a fent meghatározottól.

A $25\text{ }^\circ\text{C}$ -os gázelegy anyagmennyisége $0,6757$ mol, ebből $0,5479$ mol N_2 , $0,0564$ mol O_2 . Ha a maradék CO_2 ($0,07136$ mol), az összeg jó egyezést mutat a fent kiszámított értékkel.

Ezek szerint az előbbi ellentmondást a víz okozta. Anyagmennyisége $0,7114 - 0,5479 - 0,0564 - 0,07136 = 0,03574$ mol, így moláris tömege $20,0$ g/mol, azaz minden bizonnyal D_2O -ról van szó. Ez esetben a kiindulási anyag $0,0714$ mol D-t tartalmazott, ami $0,1428$ g.

Így a kiindulási anyagban csak C és D található; $n(C) : n(D) = 1 : 1$, a képlete tehát $(CD)_n$.

Lehetséges szerkezetek pl. a benzol, a sztirol vagy a ciklooktatetraén teljesen deuterált származékai:



(Zagyi Péter)

H106.

a) Jelöljük a $[H^+]$ -t x -szel. Ekkor felírva a savi disszociációs állandót $K_s = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$, azaz $4,93 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{(1-x)}$, ezt megoldva

$x=2,22 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, „ebből $\text{pH}=4,65$. Látható, hogy a víz autoprotolíziséből származó H^+ -ionok mennyisége elhanyagolható.

b) A megadott pH-ból könnyen kiszámítható, a H^+ -ionok és a OH^- -ionok koncentrációja, ezekre $[\text{H}^+]=3,98 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$ és $[\text{OH}^-]=2,51 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ adódik.

Írjuk fel az anyagmérleget ($[\text{Na}^+]=[\text{CN}^-] + [\text{HCN}]$) és a töltésmérleget ($[\text{H}^+]-[\text{Na}^+]=[\text{CN}^-] + [\text{OH}^-]$)! Kivonva a két egyenletet egymásból megkapjuk, hogy $[\text{HCN}]=2,11 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$. A kapott értéket behelyettesítve a savi állandó képletébe ($K_s=[\text{H}^+]\cdot[\text{CN}^-]/[\text{HCN}]$) kapjuk, hogy $[\text{CN}^-]=2,62 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$, ezt az anyagmérlegbe helyettesítve $[\text{Na}^+]=2,14 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ adódik. Ebből következik, hogy 10 dm^3 víz $2,14 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$, azaz $0,105 \text{ mg}$ NaCN-t tartalmaz.

Sok helyes megoldás érkezett. A leggyakoribb hiba az volt, hogy nem vagy nem megfelelően vették figyelembe a víz autoprotolízisét. A pontátlag: 9,0 pont.

(Kramarics Áron)

H107.

Az elemi összetételből megállapítható, hogy az **A** vegyületben a kén és a klóratomok aránya 1:1. Ennek reálisan a S_2Cl_2 képlet felel meg. A **B** vegyület a SCl_2 . A **C** esetén az elemi összetételből megállapítható, hogy a vegyületben a S:O:Cl atomok aránya: 1:1:2. Tekintve, hogy a **D** vegyület moláris tömege $134,96 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, a **C** és a **D** vegyületeknek a SOCl_2 és a SO_2Cl_2 felel meg.

Sok helyes megoldás érkezett, a pontátlag 9,3 pont.

(Kramarics Áron)

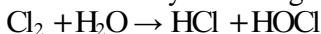
H108.

Ahogy legtöbb megoldó helyesen kitalálta, klór és származékainak előállításáról szólt a feladat. A kezdő lépéseket a kloridion MnO_2 -os oxidációja (ami híg kénsavas közegben nem történik meg, bármit is higgyenek a feladat szerzői) és a keletkező klór HgO -os diszproporciójának terméke, a Cl_2O és annak moláris tömege ($87 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) konkretizálja.

a) A reakciókban szereplő vegyületek:

A: Cl_2 B: Cl_2O C: HOCl
 D: HClO_3 E: $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ F: BaCl_2
 G: $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ H: ClO_2 I: ClO_2 (aq)

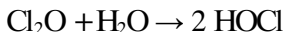
Az A termék a halványzöld klórgáz, mely vízben oldva a



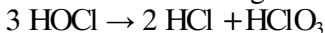
reakció szerint adja a kapott halványsárga sósavas hipoklórossav (C) oldatot.

A klórt HgO -dal reagáltatva a sárgászöld Cl_2O (B) gáz adódik (*Ami már sós-jeges hűtés mellett is kondenzál, nem kell a britek által megadott alacsony hőmérséklet. Sőt a reakció másik terméke sem a reakcióvázat által sugalmazott fém higany, hanem higany-oxi-klorid. Különös is lenne az oxidálószer hatására redukálódó higany-oxid.*).

A diklór-oxidot vízben oldva szintén hipoklórossav keletkezik:



A HOCl vizes oldatban melegítésre diszproporcionálódik:



A kapott klórsav, HClO_3 (D) Ba^{2+} ionokkal csapadékot ad (*a feladat brit szerzői szerint, de a valóságban vízben egész jól oldódik, bár bepárolható*) (E: $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$). *(Többeknél hiba volt, hogy a diszproporciót csak HClO_2 -ig vitték)*

A $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ hevítésre további diszproporcióval bomlik, a keletkező termékek, F és G a következők:



A másik ágon, további savanyításra a HClO_3 a HCl -t oxidálva ClO_2 -dá (H) redukálódik. A gáz vízben sötétzölden oldódik (I) *(Az oldat fizikai oldat, nem külön vegyület, hiába adtak neki jelet. A klór-dioxid gáz egyébként inkább narancsos sárga, semmiképp nem zöldes árnyalatú. A klórsav redukciója elég erősen savas oldatban játszódik csak le és a terméket mindig. szennyezi klórgáz is, ha HCl a redukálószer).*

b)

A Cl_2O V-alakú:



A HClO_3 a központi klór atom körül trigonális piramis szerkezetű:



A BaCl_2 ionrácsos vegyület, több módosulata is ismert.

A ClO_2 szintén V-alakú, érdekessége, hogy párosítatlan elektront tartalmaz, gyök formában sem formál dimereket.



c)

A klór oldódása vízben a hőmérséklet növelésével csökken, a HOCl stabilitásának csökkenésével párhuzamosan, ezért érdemes alacsony hőmérsékleten végezni az oldást.

A másik két folyamat diszproporció. A HOCl normál körülmények közt oxigénvesztéssel HCl -ra bomlik, magasabb hőmérséklet kell a diszproporciós reakció sebességének megnöveléséhez.

A $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ szobahőmérsékleten stabil vegyület, bontásához és a diszproporciós reakció aktiválási energiájának meghaladásához melegíteni kell.

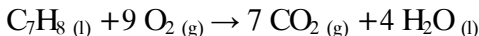
Többen gondoltak a reakciók termokémiai tulajdonságaira, endoterm reakciót feltételezve. Ebben az esetben azonban bomlékony anyagokról van szó, a folyamatok nem egyensúlyiak. Az hogy a reakció elindítható-e a megfelelő reakcióúton nem a reakcióhőkön, hanem a reakciók sebességén múlik.

A feladatra 23 megoldás érkezett, az átlagos pontszám 7,3 lett. Kiváló megoldást adott Zsótér Soma, Sebő Anna, Somlyai Máté, Sveiczter Attila, Májsi Gábor, Gál Bálint, Batki Júlia és Bacsó András. Pontatlanságokat a szerkezetek felírásában és a reakciókörülmények hiányos magyarázatánál találtunk. A feladatban magában is elég sok pontatlanság volt, amire kevesen mutattak rá – nem csoda, hisz a fordító (M. G.) sem számított hibákra egy ilyen jeles forrásból származó, egyszerűnek tűnő feladatnál. Szerencsére a megoldás így is egyértelmű volt.

(Nagy Péter)

H109.

a) A rendezett egyenlet:



Ez alapján a toluol standard képződéshője:

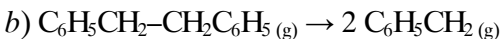
$$7\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) + 4\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) - \Delta_c H^\circ(\text{C}_7\text{H}_8, \text{l}) = \\ \Delta_f H^\circ(\text{C}_7\text{H}_8, \text{l}) = 12,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

A továbbiakban a $\text{Bn} = \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2$ egyszerűsített jelölést használjuk.

Tekintsük a benzilgyök képződési entalpiájának meghatározásához a $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 (\text{g}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2 (\text{g}) + \text{H} (\text{g})$ egyenletet, aminek reakcióentalpiája a kötődisszociáció entalpiája.

$$\Delta_f H^\circ(\text{Bn}, \text{g}) = \Delta_f H^\circ(\text{C}_7\text{H}_8, \text{l}) + \Delta_{\text{vap}} H^\circ(\text{C}_7\text{H}_8, \text{l}) + \Delta_{\text{bond}} H^\circ(\text{Bn}-\text{H}) - 1/2 \\ \Delta_{\text{at}} H^\circ(\text{H}_2, \text{g}).$$

Ebből $\Delta_f H^\circ(\text{Bn}, \text{g}) = 210,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ adódik.



$$\Delta_{\text{bond}} H^\circ(\text{Bn}-\text{Bn}) = 2 \Delta_f H^\circ(\text{Bn}, \text{g}) - \Delta_f H^\circ(\text{Bn}-\text{Bn}, \text{g}) = 277,3 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

A leggyakoribb hiba a toluol párolgásának figyelmen kívül hagyása volt az a résznél. Teljesen jogos volt valamennyi észrevétel a b) rész kissé ködös megfogalmazása miatt. A dibenzil egyébként szobahőmérsékleten, standard nyomáson szilárd halmazállapotú (olvadáspont: 52 °C, forráspont: 284 °C), remélhetőleg/valószínűleg a feladat brit készítői a dibenzil képződéshőjének megadásánál ezt figyelembe vették, és a gázállapotra adták meg a képződési entalpiát. A pontátlag 9,1 pont.

(Kramarics Áron)

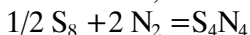
H110.



A keletkező HCl is ammóniát köt meg, ami belefoglalható az egyenletbe:

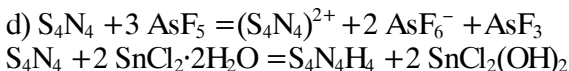


b) Egy molekula S_4N_4 elemeiből történő keletkezése során 4 S-S és két $\text{N}\equiv\text{N}$ kötés hasad fel, miközben 4 $\text{S}=\text{N}$ és 4 S-N kötés keletkezik.



Tehát a kötésenergiák alapján a folyamat entalpiaváltozása $+392 \text{ kJ mol}^{-1}$ lenne, ha gáz halmazállapotú terméket és kiindulási anyagokat tételeznénk fel, mint a feladat szerzői. A standard képződési entalpiában viszont nem gázok, hanem a szobahőmérsékleten stabil szilárd kén és a szilárd tetrakén-tetranitrid a referencia, ezért a párolgáshőkkel is számolva $342,5 \text{ kJ mol}^{-1}$ lesz a standard képződéshő.

c) A közölt adatok alapján a HCl keletkezésével járó reakció entalpiaváltozása határozható meg. Minden kiindulási anyag és termék képződési entalpiája ismert, így a reakcióentalpia egyszerűen számítható: $-281,5 \text{ kJ mol}^{-1}$.



(Magyarfalvi Gábor)

HO-43.

a) 0,5 pont

$$K_s = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,1 - [\text{H}^+]} \Rightarrow \text{pH} = 2,88$$

b) 1 pont

$$c_{\text{HAc}} = 0,11 \text{ mol/dm}^3; c_{\text{HCl}} = 0,01 \text{ mol/dm}^3$$

$$K_s = \frac{[\text{H}^+]([\text{H}^+] - c_{\text{HCl}})}{c_{\text{HAc}} + c_{\text{HCl}} - [\text{H}^+]} \Rightarrow \text{pH} = 1,99$$

c) 0,5 pont

$$\text{pH}=1, \text{ tehát } c_{\text{HCl}}=0,1 \text{ mol/dm}^3$$

Tehát 0,01 mol, azaz **0,785g** ecetsav-kloridot kellene feloldani.

d) 4 pont

$$c_{\text{HAc}} = 0,11 \text{ mol/dm}^3; c_{\text{HCl}} = 0,01 \text{ mol/dm}^3$$

Az ekvivalencia pontban az oldat össztérfogata 1,1-szeresére nő a fogyó mérőoldat miatt, így épp egy $0,1 \text{ mol/dm}^3$ -es ecetsavat kapunk, melynek *pH*-ja az a) kérdés alapján 2,88. A dimetilsárga indikátor átcsapását $\text{pH}=3,25$ -nél észleljük, tehát túltitráljuk az oldatot, így gyakorlatilag egy acetát/ecetsav puffer képződik az oldatban. 10 cm^3 titrálandó savoldatra: fogyás: $x \text{ cm}^3$ $0,1 \text{ mol/dm}^3$ -es NaOH-oldat. Savas pufferről lévén szó:

$$K_s = \frac{[\text{H}^+](c_{\text{só}} + [\text{H}^+])}{c_{\text{sav}} - [\text{H}^+]}$$

Ebbe az egyenletbe behelyettesítve az aktuális koncentrációkat:

$$1,77 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-3,25} \left(\frac{0,1(x-1)}{10+x} + 10^{-3,25} \right)}{\frac{1,1-0,1(x-1)}{10+x} - 10^{-3,25}} \Rightarrow x = 1,272 \text{ cm}^3$$

$$\text{Indikátorhiba: } \left(\frac{1,272}{1} - 1 \right) \cdot 100\% = +27,2\%$$

Az indikátorhiba nagy értékéből látszik, hogy a kialakuló puffer miatt az oldatban szelektíven a sósav dimetilsárga indikátor mellett nem mérhető.

e) 4 pont

10 cm³ savoldatra 12 cm³ mérőoldat fogy az ekvivalencia-pontig.

$$c_{\text{NaAc}} = 0,05 \text{ mol/dm}^3; \frac{K_v}{K_s} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c} \Rightarrow \text{pH} = 8,73$$

Legalkalmasabb indikátor: a **timolkék** (pK_I = 8,82).

Átcsapás: pH=8,82-nél, tehát túltitráljuk az oldatot.

Fogyás: x cm³ mérőoldat, oldat térfogata: (10+x) cm³

$$c_{\text{Ac}^-} = \frac{1,1}{10+x} \text{ mol/dm}^3$$

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{0,1x - 1,2}{10+x}$$

$$\frac{K_v}{K_s} = \frac{[\text{OH}^-]([\text{OH}^-] - c_{\text{NaOH}})}{c_{\text{NaOH}} + c_{\text{Ac}^-} - [\text{OH}^-]} =$$

$$= \frac{[\text{OH}^-] \left([\text{OH}^-] - \frac{0,1x - 1,2}{10+x} \right)}{\frac{1,1}{10+x} + \frac{0,1x - 1,2}{10+x} - [\text{OH}^-]} \Rightarrow x = 12,00051 \text{ cm}^3$$

Tehát +0,004%-os hiba származik az indikátortól, viszont a titrimetria mérési hibája ennél jóval nagyobb, így az határozza meg a mérés pontosságát: ±0,1%

(Klencsár Balázs)

HO-44.

A benzoésav (C₆H₅COOH) moláris tömege 122 g/mol. Mikor 1,00 pH-jú sósav-oldattal végezzük a kirázást, akkor a vizes oldatba gyakorlatilag

csak disszociálatlan benzoészav (HA) kerül, a benzolos oldatban pedig benzoészav (B), illetve dimerje (B_2) található. A megadott mennyiségekből (m_0 , m_B) meg tudjuk határozni a benzoészav összkoncentrációját a benzolos (c_B), illetve vizes (c_V) fázisban ($V_B = V_V = V$, az oldatok térfogata azonos!):

$$c_B = \frac{n_B}{V_B} = \frac{m_B}{M \cdot V_B} = \frac{m_B}{M \cdot V}$$

$$c_V = \frac{n_V}{V_V} = \frac{m_0 - m_B}{M \cdot V_V} = \frac{m_0 - m_B}{M \cdot V}$$

Mivel két mérést végeztünk, két összetartozó $c_B - c_V$ párt kapunk ($c_B^{(1)} = 0,2672 \text{ mol/dm}^3$, $c_V^{(1)} = 0,0328 \text{ mol/dm}^3$, $c_B^{(2)} = 0,5485 \text{ mol/dm}^3$, $c_V^{(2)} = 0,0515 \text{ mol/dm}^3$). Figyelembe véve a benzolos oldat anyagmértlegét (1), dimerizációs egyensúlyát (2), illetve a megoszlást a két fázist között (3), az alábbi egyenleteket írhatjuk fel:

$$[B] + 2 \cdot [B_2] = c_B \quad (1)$$

$$\frac{[B_2]}{[B]^2} = K_d \quad (2)$$

$$\frac{[B]}{[HA]} = K \quad (3)$$

A (3) egyenletből kifejezhető $[B] = K \cdot [HA]$, majd a (2) egyenlet alapján $[B_2] = K_d \cdot [B]^2 = K_d \cdot K^2 \cdot [HA]^2$. Ezután $[B]$, illetve $[B_2]$ értékét behelyettesítve az (1) egyenletbe a következő kifejezést kapjuk:

$$K \cdot [HA] + 2 \cdot K_d \cdot K^2 \cdot [HA]^2 = c_B$$

Mivel az 1,00 pH-jú HCl-oldattal történő extrakció esetén $[HA] = c_V$, a következő egyenletrendszeret kapjuk:

$$K \cdot c_V^{(1)} + 2 \cdot K_d \cdot K^2 \cdot \left(c_V^{(1)}\right)^2 = c_B^{(1)}$$

$$K \cdot c_V^{(2)} + 2 \cdot K_d \cdot K^2 \cdot \left(c_V^{(2)}\right)^2 = c_B^{(2)}$$

Mivel a koncentrációk ismertek, csak K , illetve K_d ismeretlen. Az egyenletrendszer megoldva a következő állandókat kapjuk: $K=3,80$ és $K_d=4,60$.

A feladat második felében pufferoldattal végeztük az extrakciót. Érdemes megfigyelni, hogy a kevésbé savas pH-jú oldattal jelentősen több benzoosavat sikerült eltávolítanunk a benzolos oldatból. Ismét meg tudjuk határozni a benzoosav összmenyiségét a benzolos, illetve vizes fázisban: $c_B^{(3)} = 0,3273 \text{ mol/dm}^3$, $c_V^{(3)} = 0,2727 \text{ mol/dm}^3$. Azonban az 5,00 pH-jú pufferrel történő extrakció esetén a benzoosav részben deprotonált formában van a vizes oldatban ($\text{HA} = \text{H}^+ + \text{A}^-$).

Az (1) egyenlet alapján meg lehet határozni a szabad (monomer) benzoosav koncentrációját a benzolos fázisban: $[\text{B}] = 0,1419 \text{ mol/dm}^3$. A megoszlási hányados ismeretében a disszociálatlan benzoosav koncentrációja a vizes fázisban: $[\text{HA}] = [\text{B}] / K = (0,1419 \text{ mol/dm}^3) / 3,8 = 0,03735 \text{ mol/dm}^3$. Azaz a vizes fázisban a benzoátió mennyisége: $[\text{A}^-] = 0,27270 \text{ mol/dm}^3 - 0,03735 \text{ mol/dm}^3 = 0,23535 \text{ mol/dm}^3$. A puffer-oldat pH-jából ismert, hogy $[\text{H}^+] = 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, így a benzoosav disszociációs állandóját ki lehet számítani:

$$K_s = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{10^{-5} \cdot 0,23535}{0,03735} = 6,30 \cdot 10^{-5} \quad (4)$$

A feladat utolsó kérdését úgy lehet megválaszolni, hogy a fenti eljárást „visszafelé” hajtjuk végre. Az extrakció során legyen y a *benzolból kinyert* benzoosav aránya (azaz a kérdésben $y=0,90$, illetve $y=0,99$), így $c_B = (1-y) \cdot c_0$, és $c_V = y \cdot c_0$, ahol

$$c_0 = \frac{m_0}{M \cdot V} = \frac{7,3200}{122 \cdot 0,100} \text{ mol/dm}^3 = 0,600 \text{ mol/dm}^3 \quad (\text{mivel a két oldat}$$

térfogata azonos).

Ekkor a következő egyenleteket írhatjuk fel a fenti egyenletek [(1) – (4)] alapján:

$$[\text{B}] + 2 \cdot K_d [\text{B}]^2 = c_B = (1 - y) \cdot c_0 \quad (5)$$

$$[\text{HA}] = \frac{K}{[\text{B}]} \quad (6)$$

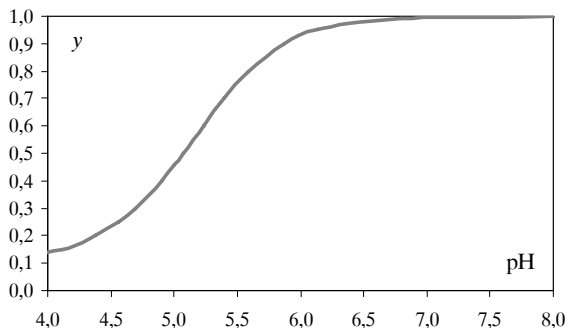
$$[\text{A}^-] = c_A - [\text{HA}] = y \cdot c_0 - [\text{HA}] \quad (7)$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_s [\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \quad (8)$$

Egy adott y esetén az (5) egyenletből megkapjuk $[\text{B}]$ -t, majd a (6) egyenlet alapján HA (disszociálatlan benzoésav a vizes fázisban) koncentrációját. A (7) egyenlet segítségével megkapható $[\text{A}^-]$, majd abból a (8) egyenlet segítségével a H^+ -koncentráció, melyből a pH közvetlen számítható. Az utolsó kérdésre a válasz így: $y = 0,90$ esetén 5,87 pH-jú puffert, míg $y = 0,99$ esetén 6,80 pH-jú pufferoldatot kell alkalmazni.

(Megjegyzés: Mivel a nátrium-benzoát oldhatósága desztillált vízben korlátozott, nem lehetséges bármilyen koncentrációjú benzoosav-oldatból kinyerni tetszőleges mennyiségű benzoosavat nátrium-benzoát formájában.

Érdekes ábrázolni az összetartozó pH – y értékpárokat, így a következő diagramot kapjuk:



A diagram alapján könnyen megérthető, hogy miért célszerű a szerves oldószerben oldott savas karakterű anyagokat bázikus extrahálószerrel (pl. nátrium-karbonát vagy kálium-hidroxid oldattal) eltávolítani. Ehhez hasonlóan, csak éppen savas extrahálószerrel (pl. vizes foszforsav vagy sósav oldattal) lehet bázisos karakterű anyagokat kinyerni szerves oldószerekből. Az ilyen, úgy nevezett sav-bázis extrakcióknak igen fontos ipari alkalmazásai vannak.)

Viszonylag kevés tökéletes megoldás érkezett. A leggyakoribb hiba az volt, hogy 90%-os „kinyerés” helyett 10%-kal számoltak a beküldők (azaz tévesen 90%-nyi benzoésav marad a benzolos oldatban).

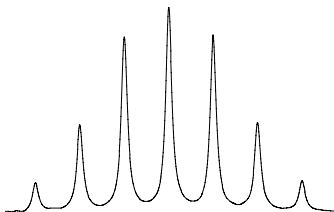
(Benkő Zoltán)

HO-45.

a) A *d*6-dimetilszulfoxidban két C-atom található. Mivel a molekula szimmetrikus ez a két C-atom ugyanolyan kémiai környezetben van, tehát egy jelet kapunk. Most azt kell megvizsgálnunk, hogy ez a jel hány vonalra hasad fel. Az általunk ismert információk:

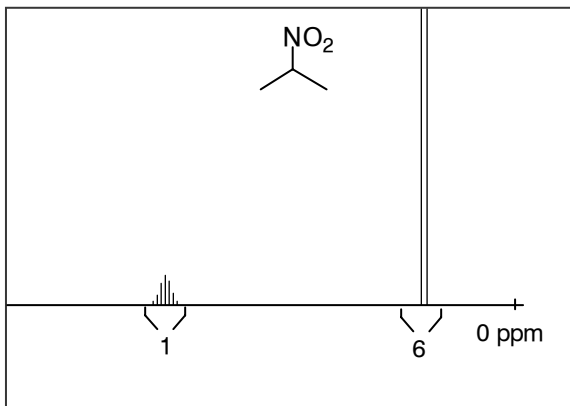
- a ^{13}C -atom csatol a ^2H -atommal
- a ^2H -atom spinje $I = 1$
- egy C-atomon $n = 3$ db deutérium található.

Tehát a jel $N = 2 \cdot I \cdot n + 1 = 7$ vonalra hasad fel. Az alábbi ábrán látható a jel alakja a vonalak intenzitásaival (érdekes belátni, hogy az arányok 1:3:6:7:6:3:1) is:

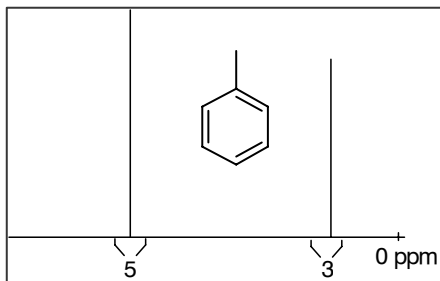


b)

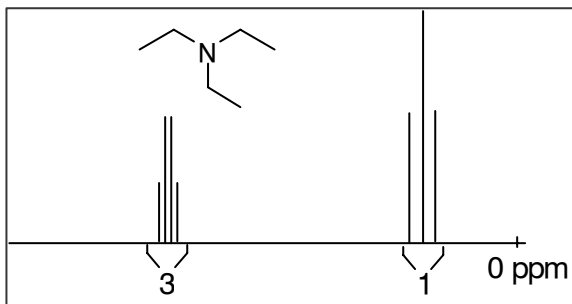
- A 2-nitropropán spektrumában két jel található, a metil-csoporthoz tartozó dublett (a két metilcsoport szimmetria okokból egy jelet ad), illetve a metinesoport, ami a két metilcsoport 6 hidrogénje miatt 7 vonalra hasad, a Pascal-háromszöget követő 1:6:15:20:15:6:1 arányokkal.



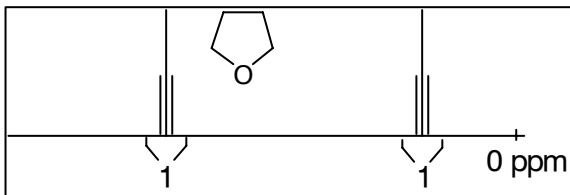
- A toluol spektrumában a metilcsoport jele az alifás tartományban található és nem hasad fel, míg az aromás protonokhoz tartozó jelek bonyolult multiplettként hasadnak fel (ennek a megadását nem vártuk el).



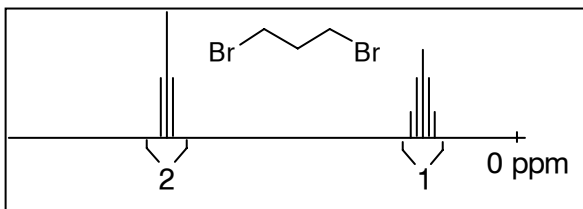
- A trietil-amin spektrumában szimmetria okokból két jel található, amelyek közül a metilcsoport jelei három vonalra, míg a metiléncsoportok jelei négy vonalra hasadnak. A jelekben a vonalak intenzitása a Pascal-háromszöget követik.



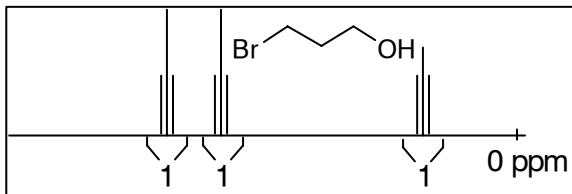
- A tetrahydrofuran spektrumában szimmetria okok miatt 2 jel található amelyek mindkét esetben három vonalra hasad fel, melyek intenzitása a Pascal-háromszöget követi. (A valós spektrum a gyűrűs szerkezet miatt kicsit bonyolultabb, de ennek ismerete nem volt elvárt.)



- Az 1,3-dibrómpropán szimmetrikus molekula, két jelet találunk a spektrumában, ahol a brómok melletti két metiléncsoport három, míg a középső metiléncsoport öt vonalra hasad.



- Az 1-bróm-3-hidroxipropán esetében más funkciók vannak a lánc végén, így a funkciócsoportok melletti metilénecsoportok különböző jelet adnak. A középső metilénecsoport jele bonyolult felhasad, de mivel a két láncvégi funkciócsoport nagyon hasonló ezért a felhasadás az 1,3-dibrómpropánéhoz hasonlóan közel öt vonalat ad.



A feladatra 15 megoldás érkezett, amelyekből Sveiczzer Attilaé volt hibátlan. A pontátlag 6,92 pont.

(Varga Szilárd)

c) A feladat c) része miatt a szerkesztő (M.G.) elnézést kér a fejüket törő megoldóktól és a feladat szerzőjétől is. A beérkezett megoldások áttekintése során derült ki, hogy a kiadott anyag (és a középiskolai ismeretek) alapján nem igazán volt megoldható a diákolimpiai szintű kérdés, így ezt a feladatrészt a pontversenyből töröltük.

Mind a maleinsav, mind a fumársav rendelkezik olyan szimmetriaelemmel, ami miatt a két olefinos hidrogénje ekvivalenssé válik. Tehát a spektrumban egy szingulett jelet adnak, azonban jobban megnézve észlelhető a kis mennyiségben jelen levő ^{13}C magok által okozott felhasadás. Az izotóp szenet tartalmazó vegyületnél a hidrogén jele dubletté hasad, ez az intenzív központi jel oldalsávjaiként látszik. Egy molekulában egy db ^{13}C várható, és ebben a származékban a két H mar nem ekvivalens, így egymással csatolva mutatják a jellemző cisz, illetve transz csatolást (12, illetve 16 Hz) is!

(Sánta Zsuzsanna)

HO-46.

a) Egy, a levegőt alkotó molekula átlagos tömege:

$$m = (0,79 \cdot M(\text{N}_2) + 0,21 \cdot M(\text{O}_2)) / N_A = 4,8 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

b) $A_{\text{tüdő}} = 75 \text{ m}^2$ $t = 5 \text{ s}$

(A nyomásváltozást teljesen elhanyagoljuk.)

A megadott formula alapján, a feladat adatait és jelöléseit használva a tüdő felületével ütköző molekulák száma egy lélegzetvétel alatt:

$$n = Z \cdot A \cdot t = \frac{P}{\sqrt{2\pi m k_B T}} \cdot A \cdot t = 1,1 \cdot 10^{30}$$

c) A víz okozta túlnyomás a légkörihez képest a külső nyomás huszada, azaz $p_{\text{atm}}/20 = 5065 \text{ Pa}$ lehet.

Arkhimédész törvényét alkalmazva a keresett magasság a

$$\Delta p = \rho \cdot d \cdot g$$

egyenletből kapható, ahol ρ a tengervíz sűrűsége és g a nehézségi gyorsulás.

Behelyettesítve a maximális magasság: $d_{\text{max}} = 0,52 \text{ m}$

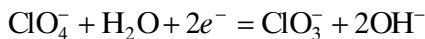
A feladatra 16 megoldás érkezett, ezek pont átlaga 6,4. A legtöbb gond a mértékegységek átváltásával, az értékes jegyek megfontolásával és a konkrét számítás számszerű elvégzéséből adódott. Kiváló megoldást adott Zsótér Soma, Vörös Tamás, Batki Júlia, Batki Bálint és Bacsó András.

(Nagy Péter)

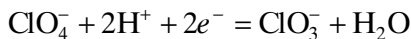
HO-47.

Több megközelítéssel is megkaphatóak a keresett eredmények. Az egyik egyszerű eljárás, ha ugyanannak a rendszernek az redoxipotenciálját több módon felírjuk és összevetjük a kapott Nernst-egyenleteket.

i) A perklorát redukcióját tekintve a bázisos és savas közegre megadott standard potenciálokkal is ugyanazt az értéket várhatjuk:



$$E = 0,37\text{V} + \frac{0,059\text{V}}{2} \log \frac{[\text{ClO}_4^-]}{[\text{ClO}_3^-][\text{OH}^-]^2}$$



$$E = 1,20\text{V} + \frac{0,059\text{V}}{2} \log \frac{[\text{ClO}_4^-][\text{H}^+]^2}{[\text{ClO}_3^-]}$$

$$0,37\text{V} - 1,20\text{V} = \frac{0,059\text{V}}{2} \log([\text{H}^+]^2[\text{OH}^-]^2)$$

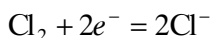
$$\log(K_w) = -\frac{0,83}{0,059} = -14,07$$

ii) Bázisos közegben a kérdéses diszproporciós folyamat és egyensúlya:

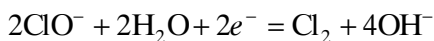


$$K_1 = \frac{[\text{ClO}^-][\text{Cl}^-]}{p(\text{Cl}_2)[\text{OH}^-]^2}$$

Egyensúlyban levő, klórgázt, klorid és hipoklorit ionokat is tartalmazó oldatban a klór/klorid és a hipoklorit/klór rendszer redoxipotenciálja is meg kell egyezzen. Az utóbbira bázisos közegben írjuk fel a Nernst-összefüggést:



$$E = 1,36\text{V} + \frac{0,059\text{V}}{2} \log \frac{p(\text{Cl}_2)}{[\text{Cl}^-]^2}$$



$$E = 0,42\text{V} + \frac{0,059\text{V}}{2} \log \frac{[\text{ClO}^-]^2}{p(\text{Cl}_2)[\text{OH}^-]^4}$$

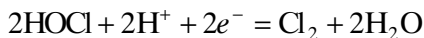
$$1,36\text{V} - 0,42\text{V} = \frac{0,059\text{V}}{2} \log \frac{[\text{ClO}^-]^2 [\text{Cl}^-]^2}{p(\text{Cl}_2)^2 [\text{OH}^-]^4}$$

$$\log K_1 = \frac{0,94}{0,059} = 15,93$$

Savas közegben a kérdéses diszproporciós folyamat és egyensúlyi állandója a következő. A hipoklorit/klór rendszer redoxipotenciálját savas közegben felírva hasonló megfontolásokkal lehet eljárni.



$$K_2 = \frac{[\text{HOCl}][\text{Cl}^-][\text{H}^+]}{p(\text{Cl}_2)}$$



$$E = 1,63\text{V} + \frac{0,059\text{V}}{2} \log \frac{[\text{HOCl}]^2 [\text{H}^+]^2}{p(\text{Cl}_2)}$$

$$1,36\text{V} - 1,63\text{V} = \frac{0,059\text{V}}{2} \log \frac{[\text{ClO}^-]^2 [\text{H}^+]^2 [\text{Cl}^-]^2}{p(\text{Cl}_2)^2}$$

$$\log K_2 = \frac{-0,27}{0,059} = -4,58$$

iii) A hipoklórossav savi disszociációs állandója:

$$K_a = \frac{[\text{OCl}^-][\text{H}^+]}{[\text{HOCl}]}$$

A diszproporció kétféle állandója, a vízionszorzat, és a savi állandó között felírható egy összefüggés, ahova a korábban már meghatározott állandók behelyettesíthetők:

$$K_a = \frac{K_1 K_w^2}{K_2}$$

$$pK_a = pK_1 + 2pK_w - pK_2 = -7,63$$

iv) 7,5-ös pH-n az $[\text{OCl}^-]/[\text{HOCl}]$ arány a K_a -ba való egyszerű behelyettesítéssel adódik: 1,34, így a HOCl koncentrációja $0,11 \text{ mmol dm}^{-3}$.

v) A koncentrációkat a Nernst-összefüggésbe behelyettesítve adódik az 1,13 V-os potenciál.

(Magyarfalvi Gábor)

HO-48.

a) A keresett egyensúlyi állandó a hidrogénkötéses és szabad forma koncentrációinak aránya, ami tulajdonképpen a megfelelő móltörtök aránya lesz. A két forma móltörtjeinek összege értelemszerűen 1.

$$K = \frac{c_B}{c_A} = \frac{1 - x_A}{x_A}$$

A mért kémiai eltolódás a két forma eltolódásainak koncentrációkkal súlyozott átlaga:

$$\delta_{obs} = x_A \delta_A + x_B \delta_B = x_A \delta_A + (1 - x_A) \delta_B$$

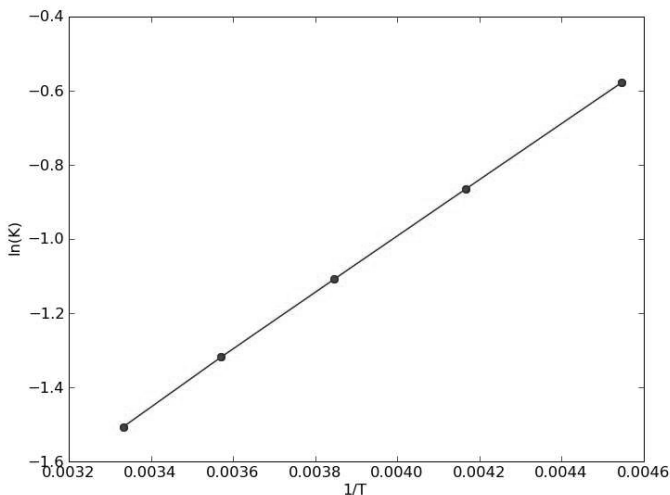
Az árnyékolások alapján kifejezhető a móltört is:

$$x_A = \frac{\delta_{obs} - \delta_B}{\delta_A - \delta_B}$$

Az egyensúlyi állandó az árnyékolásokkal tehát:

$$K = \frac{\delta_{obs} - \delta_A}{\delta_B - \delta_{obs}}$$

b-c) A megadott adatokat behelyettesítve könnyen megkapható az adatsor, aminek értékeit az $\ln(K) - 1/T$ diagramon lineárisan változó görbét kellene adnia. A görbére illeszthető egyenes meredeksége $-\Delta H^\circ/R$, tengelymetszete $\Delta S^\circ/R$.



Az ábráról leolvasható vagy egyenesillesztésből megkapható értékek (meredekség 764 K, tengelymetszet -4,05) segítségével kapott standard reakcióentalpia $-6,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, a standard reakcióentrópia $-34 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\text{mol}^{-1}$. Az exoterm reakció nem meglepő, hisz új kötés keletkezik, persze a reakcióentalpia értéke kicsi, hisz gyengébb, másodlagos kötés alakul ki. Az entrópiacsökkenés háttérében a merevebb gyűrűs szerkezet áll, így csökken a lehetséges konformációk száma.

(Magyarfalvi Gábor)

A pontverseny eredményei

A KÖKÉL haladó pontversenyében 20 feladat szerepelt ebben a tanévben is. A feladatok 10 pontot értek.

A kijavított dolgozatokat visszajuttattuk a versenyzők részére.

A pontversenybe 31 fő nevezett be; a végeredményekből a legjobb teljesítményt elérő 10 diák eredményeit tesszük közzé:

Bacsó András, Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc, 180,5 pont

Vörös Tamás, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium, Budapest, 178,5 pont

Batki Júlia, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium, Budapest, 177 pont

Sebő Anna, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium, Budapest, 177 pont

Zsótér Soma, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium, Budapest, 175,5 pont

Katona Dávid, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium, Budapest, 157 pont

Májusi Gábor, Janus Pannonius Gimnázium és Szakközépiskola, Pécs, 155,5 pont

Batki Bálint, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium, Budapest, 154,5 pont

Pós Eszter Sarolta, ELTE Radnóti Miklós Gyakorlóiskola, Budapest, 145 pont

Bali Krisztina, Jedlik Ányos Gimnázium, Budapest, tanára: Dancsó Éva, 142 pont

Teljesítményüket a KÖKÉL egy éves előfizetésével jutalmazzuk. Gratulálunk az összes megoldónak és tanáraiknak! Köszönjük a közös munkát!

A kémia diákolimpiára való válogatásban és felkészítésben a **H** és a **HO** feladatok együttes pontversenye számított. Ebben az összesítésben némileg más volt a sorrend. A pontos eredmény a diákolimpia honlapján: <http://olimpia.chem.elte.hu> érhető el.