

## GONDOLKODÓ



### A 2020/2021. tanév pontversenyeinek végeredménye

Az alábbiakban közöljük az egyes kategóriákban kiemelkedő eredményt elért diákok névsorát. Elektronikus úton minden résztvevő megkapta a pontszámait. Két támogatónk (Hildegard Alapítvány és Hiflylabs Zrt.) köszönhetően mindannyian 10-50 ezer forintos jutalomban részesülnek, aminek az átadását és a további jutalmakat (KÖKÉL előfizetés) a Magyar Kémikusok Egyesülete intézi.

Gratulálunk az eredményekhez!

#### K pontverseny (9. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Hegedűs Márton Krisztián Kecskeméti Református Gimnázium	Sápi Anikó, Tóth Imre	180,25

#### K pontverseny (10. osztály)

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Csaba Dávid Kölcsey Ferenc Gimnázium, Budapest	Palya Tamás	196,5
2	Szabó Márton Péter András Gimnázium és Kollégium, Szeghalom	Dr. Tabiné Lehotai Klára	195,0
3	Bodnár Mária Széchenyi István Gimnázium, Sopron	Kiss-Huszta Pálma	188,0
3	Csernyák Milán Munkácsy Mihály Gimnázium, Kaposvár	Dávidné Varga Gabriella	188,0

**K pontverseny (9-10. osztály csapatverseny)**

	<b>Név, iskola</b>	<b>Felkészítő tanár</b>	<b>Pontszám</b>
1	Két komponens (Czakó Boróka Süli Ádám) Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium, Szegedopron	Csúri Péter	181,75

**K pontverseny (11-12. osztály)**

	<b>Név, iskola</b>	<b>Felkészítő tanár</b>	<b>Pontszám</b>
1	Sajósi Benedek ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebőné Bagdi Ágnes, Sebő Péter, Villányi Attila	196,0
2	Saracco Lucio ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebőné Bagdi Ágnes, Sebő Péter, Villányi Attila	193,5
3	Keszte Panna Eötvös József Gimnázium, Budapest	Ferenczyné Molnár Márta	192,5

**H pontverseny**

	<b>Név, iskola</b>	<b>Felkészítő tanár</b>	<b>Pontszám</b>
1	Farkas Izabella Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Ált. Isk. és Gimn.	Albert Attila	185,8
2	Sajósi Benedek ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium	Sebőné Bagdi Ágnes, Sebő Péter, Villányi Attila	181,8
3	Turányi Vilmos Budapesti Fazekas Mihály Gyak. Ált. Isk. és Gimn.	Keglevich Kristóf	181,0

**Angol fordítási verseny**

	<b>Név, iskola</b>	<b>Felkészítő tanár</b>	<b>Pontszám</b>
1	Horváth Lilla Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár	Kertész Róbert	396,5
2	Lovas Miklós Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Dr. Várallyainé Balázs Judit	395,0
3	Hopotószki Erik VSZC Ipari Technikum	Földesi Csaba, Kiss Judit Mária, Szathmáry Edina	392,5

## Német fordítási verseny

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Lemaitre Lucien Németh László Gimnázium, Hódmezővásárhely	Dr. Arany Eszter, Dr. Matyuska Ferenc, Balázs József	191,0
2	Kisdi Janka Klebsberg Kuno Ált. Isk. és Gimn., Budapest	Papp Ildikó, Hab Mariann	167,5
3	Horváth Emese Dorka Városmajori Gimnázium, Budapest	Nagyné Hodula Andrea, Simonyi-Lengyel Márta	151,0

## Keresd a kémiát!

	Név, iskola	Felkészítő tanár	Pontszám
1	Bodnár Mária Széchenyi István Gimnázium, Sopron	Kiss-Huszta Pálma	115
1	Keszte Panna Eötvös József Gimnázium, Budapest	Ferenczyné Molnár Márta	115
2	Lovas Miklós Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen	Dr. Várallyainé Balázs Judit	112
3	Horváth Lilla Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár	Kertész Róbert	111

## A 2020/2021. tanév díjazott felkészítő tanára

Kis-Huszta Pálma	Széchenyi István Gimnázium, Sopron
------------------	------------------------------------

## Megoldások

**K380.** Mivel 20%-os átalakulás történt, ezért az egyensúlyi elegyben jelen lévő kiindulási anyagok mennyisége az eredeti 80%-a. Tehát a kezdeti elegyben a koncentrációk, feltételezve, hogy a térfogat állandó:

$$[A]_{\text{kiind}} = [A] / 0,8 = 5 \text{ mol/dm}^3$$

$$[B]_{\text{kiind}} = [B] / 0,8 = 2,5 \text{ mol/dm}^3$$

Tehát a kiindulási gázelegy térfogatszázalékos összetétele: **A 66,67% ; B 33,33%.**

A tartályban 1 dm<sup>3</sup> térfogatot feltételezve a következő folyamat játszódott le: 1mol **A** + 0,5mol **B** = 1mol **C**.

Tehát a reakcióegyenlet:



Ilyen például a kén-dioxid oxidációja:  $2 \text{ SO}_2 + \text{ O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_3$

Az egyensúlyi koncentrációk megfelelő hatványaiból a tömeghatás törvénye szerint ki tudjuk számolni az egyensúlyi állandót:

$$K = [\text{C}]^2 / [\text{A}]^2 \cdot [\text{B}]^1 = 3,125 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3/\text{mol}$$

*A megoldás Papp Marcell Miklós munkáján alapul. Egyszerű feladat volt, 86 %-os teljesítéssel. A hibák főbb típusai: a választott reakció nem megfordítható, nem felelnek meg az együtthatók. A sok szép dolgozatból kiemelkedő Balog Gergely, a BFCl2 csapat, Bodnár Mária, Csaba Dávid, Lovas Miklós, Labancz Barnabás, Stein Félix és Szabó Márton munkája.*

(Tóth Albertné)

**K381.** a) Ha 250 gramm 100° C-on telített AgNO<sub>3</sub>-oldat 50° C-ra történő hűtésekor  $\Delta m_1 = 118,19$  g só kristályosodik ki, akkor  $m_0 = 250\text{g} - 118,19 \text{ g} = 131,81 \text{ g}$  50° C-on telített AgNO<sub>3</sub>-oldatot kapunk.

Ha 250 g 50° C-on telített AgNO<sub>3</sub>-oldat 0° C-ra történő hűtésekor  $\Delta m_2 = 153,25 \text{ g}$  AgNO<sub>3</sub> kristályosodik ki, akkor a 131, 81 g oldatból arányosan kevesebb  $\Delta m_x = 153,25 \cdot 131,81 / 250 = 80,80$  gramm.

250 g 100° C-on telített AgNO<sub>3</sub>-oldatot 0° C-ra lehűtve  $x = \Delta m_1 + \Delta m_x = 199 \text{ g}$  só kristályosodik ki.

b) A 0° C-os oldat tömege  $m_y=250 \text{ g} - 199 \text{ g}=51,0 \text{ g}$ . Mivel a "kitermelt anyag" tömege 199,0 g, és ez 87,95 %-ot tesz ki, megállapítjuk, hogy  $m_a=226,26 \text{ g}$  volt az az  $\text{AgNO}_3$  mennyiség, amelyből a 250 g forrón telített oldat készült. A hűtés végére az 51,0 g oldatban 226,26 g – 199g = 27,25 g  $\text{AgNO}_3$  maradt. Ebből következik, hogy az 51,0 g oldatban 23,75 g a víz tömege, azaz  $27,25 \cdot 23,75 = 114,74 \text{ g} / 100 \text{ g}$  víz az oldhatóság 0° C-on.

c) A  $\text{ZnSO}_4$  oldhatósága:

0° C	50° C	100° C
41,9 g /100g víz	76,8 g /100g víz	80,8 g /100g víz
$w_1=29,53 \%$	$w_2= 43,43 \%$	$w_3= 44,69 \%$

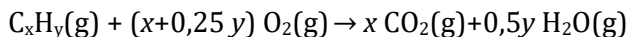
$M(\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 284,7 \text{ g/mol}$ ;  $w(\text{ZnSO}_4) = 161,4 \cdot 100 / 287,4 = 56,16 \%$ .

Eredmények:  $\Delta m_1=24,74 \text{ g}$ ,  $\Delta m_2= 130,5 \text{ g}$ ,  $w=71,53\%$ .

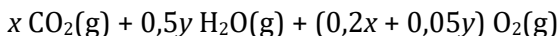
*A megoldás Bodnár Mária munkája nyomán készült. A feladatban a forrón telített  $\text{AgNO}_3$ -oldat két fokozatú lehűtése során bekövetkező mennyiségi változásokat kellett elemezni. Szinte mindenkinek sikerült észrevenni az esetleges buktatókat, valamint helyesen alkalmazni a tömegmegmaradás törvényét oldott anyagra, oldószerre, oldatra vonatkozóan. A feladat második részében (pontszámban ez 40 %-ot tett ki) önállóan, a feladvány analógiájára kellett cink-szulfát oldatra megalkotni a kérdést. Ennek sikerességében nagy szórás mutatkozik a dolgozatok között, értelmezési és kivitelezési hibák miatt. Nehezítette a kérdés feltevéséhez szükséges adatok kiszámítását, hogy a cinkszulfát kristályvizes só. A szöveges feladat „megkomponálásához” oldhatósági táblázatra volt szükség, a középiskolában használt „Négyjegyű függvénytáblázatok” kiadvány látszott erre alkalmasnak. Ennek 3 különböző típusa van forgalomban, emiatt a számszerű adatokban is lényeges eltérések mutatkoznak (pl. az egyik adatai szerint nem megy végbe kristályosodás a 100°C-os oldat 50°C-ra történő hűtésekor). A dolgozatokat mindenkinek a saját szakirodalmából vett információk alapján értékeltem. Pontvesztéséget az okozott, ha pontatlan, hiányos volt a szöveg alkotás. A feladatmegoldók teljesítménye 84 %. Kimagasló munkát adott be: Balog Gergely, BFC12, Bodnár Mária, Csaba Dávid, Kósa Viola, Labancz Barnabás, Saracco Lucio.*

(Tóth Albertné)

**K382.** a) Égési reakció sztöchiometrikus mennyiségű oxigénben:



Égéstermékek 20 %  $O_2$  felesleg esetén:



Tudjuk, hogy:

$$x : (0,2x + 0,05y) = 37,5 : 62,5$$

Mely alapján  $x : y = 3:8$ . A vegyület  $C_3H_8$ .

b) 1 mol propán égetéséhez 5 mol oxigén szükséges. 20% oxigénfelesleg esetén a füstgáz  $3 CO_2(g) + 4 H_2O(g) + O_2(g)$ . Térfogatszázalékos összetétele 37,5 %  $CO_2$ ; 50 %  $H_2O$ ; 12,5%  $O_2$ .

20 %-os levegő feleslegben:

	3 $CO_2$	4 $H_2O$	79/21·6 $N_2$	$O_2$	$\Sigma$
$n$	3 mol	4 mol	22,57 mol	1 mol	30,57 mol
%	9,81 %	13,08 %	73,84 %	3,27 %	
$m$	132 g	72 g	632 g	32 g	868 g

A 21 (V/V) % oxigénből és 79 (V/V) % nitrogénből álló levegő átlagos moláris tömege  $M_1(\text{átl})=28,84$  g/mol. A füstgázra is alkalmazva az  $M_2(\text{átl}) = \Sigma m_i / \Sigma n_i$  összefüggést,  $M_2(\text{átl}) = 28,42$  g/mol. A relatív sűrűség  $M_2(\text{átl}) / M_1(\text{átl}) = d = 0,985$ .

c) A füstgáz tömegének csökkenése a KOH-oldatban való oldás után: a vízgőz kondenzálódik, a szén-dioxid reakcióba lép. 1 mol propán esetén a tömegcsökkenés 204 g, a 868 g 23,50 %-a.

*A megoldás Csaba Dávid munkája nyomán készült. A megoldások 8,2-es átlagpontszáma elégedettségre ad okot. A számolás eredménye  $C_3H_8$ , ezért nem vezetett hibához, ha valaki a  $C_nH_{2n+2}$  általános képletből indult ki, de erre a feladat szövege nem jogosította fel ( $C_nH_m$ )! A füstgáz hőmérséklete elárulta, hogy KOH-oldaton való áthaladáskor a vízgőz lecsapódik, valamint a szén-dioxid kálium-hidroxiddal való reakciójával bekövetkező tömegcsökkenés okozza a be-, és kilépő gázmennyiség közötti differenciát. Több versenyző pontot vesztett amiatt, hogy*

elkerülte figyelmét a gázelegy sűrűségének kiszámításának szükségessége. Dicséretet érdemel Bodnár Mária, Czakó Borbála, Csaba Dávid, Keszte Panna, Saracco Lucio, Süli Ádám munkája.

(Tóth Albertné)

**K383.** a) Sehol nem volt szükség a 30-as adatra. Azért ellenőrizzük le: a N és az As 5-5, a F és a Br 7-7, a S pedig 6 vegyértékű, ez összesen  $5+5+7+7+6=30$ , így ez stimmel.

*A megoldás-értékelés Sajósi Benedek munkája alapján készült. Az a) feladványra a választ – N, F, S, As, Br - a szöveges információból, logikus levezetéssel mutatta be a versenyző, anélkül, hogy a 30-as összeget használta volna. Valóban, a feladat „túlhatározott” volt. A szöveges információ alapján is eljuthattunk a megoldáshoz (mint jelen esetben), ilyenkor a vegyértékelektronok 30-as összértéke csupán ellenőrzésre szolgált. Fordítva is eljárhattunk: amennyiben az első elem az „v” ismeretlen csoportban van, akkor  $2v + (v+1) + 2(v+2) = 30$  egyenlet  $v=5$  megoldása elvezet a N, F, S, As, Br atomokhoz, így a szöveges információ alkalmas a megerősítésre. A megoldások többsége ebből a matematikai összefüggésből indult ki.*

b)  $r(\text{N}) = 71 \text{ pm} = 7,1 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

*Itt több versenyző veszített pontot figyelmetlenség miatt, ugyanis a legkisebb rendszámú atom mérete kellett, nem pedig a legkisebb méretű atom sugara.*

c) F, P, As

*A különböző, engedélyezett Négyjegyű függvénytáblázatok egyike a feladat készítőjét is megrézfálta, ugyanis az általa használt szakirodalomban (ISBN 963 18 6095 7) az izotópok adatai közül a 31, 32, 33, 34-es rendszámúaké, köztük az As előfordulási adatai is hiányoznak, s ezt nem vette észre. A „monoizotópos” jelző tehát nem kettő, hanem legalább kettő atomra érvényes.*

d) Igen, pl.  $\text{NF}_3$ ,  $\text{AsBr}_3$ ,  $\text{AsF}_3$ ,  $\text{As}_2\text{S}_3$  és még sok másik.

e) N(+5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3), S(+6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2).  
Példák:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{N}_2\text{F}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NF}(\text{CH}_3)_2$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NH}_3$  és:  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_6$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ,  $\text{SCl}_2$ ,  $\text{S}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{S}_8$ ,  $\text{H}_2\text{S}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

Ebben a feladatrészben megláttuk a kénatom, és a szerves vegyületek szempontjából is fontos N atom vegyületekben betöltött sokféleségét. Felismertük, ha a molekulában egy elemnek több atomja is szerepel, akkor az atom oxidációs számának átlagértékét állapíthatjuk meg, pl a nátrium tetratioáttban ez +2,5 ( $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ ). Ilyenkor a törtszám figyelemfelkeltő, de akár egész szám is lehet az átlag, amint Sajósi Benedek írja: +4 jön ki a kén atomra a  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  vegyületben, de a szerkezetét ismerve tudjuk, hogy ez a +5 és +3 következménye.

f) A ferromágneses viselkedés (vascsoport) és a folyékony halmazállapot (Hg) jó kiindulópont, így a további állítások elemzésével eljutunk a megoldáshoz: Ni, Zn, Ag, Pt, Hg.

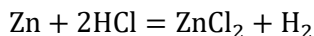
Szulfidok: fehér - ZnS, vörös: HgS, fekete: Ag<sub>2</sub>S, NiS.

g) Ag<sub>2</sub>S, w = 12,9% (a szulfidok között a legkisebb kéntartalmú)

h) Platina

A hőtágulás – üveg - higany szavak a hőmérő által képeznek egységet gondolatilag, és ez a jelen kérdésre rossz (Hg) válaszhoz vezetett. Hőmérőként a két anyagpáros kifejezetten azért jó, mert lényegesen eltér a hőtágulási együtthatójuk.

i) Igen, például:



j)  $\text{Ni}^{2+} + 6 \text{H}_2\text{O} = [\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  nikkell(II)-hexaakva -ion

$\text{Zn}^{2+} + 4 \text{OH}^- = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$  tetrahidroxo-cinkát(II)-ion

$\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  ezüst(I)-diammin-ion

$\text{Pt}^{4+} + 6 \text{Cl}^- = [\text{Pt Cl}_6]^{2-}$  hexakloro-platinát(IV)-ion

$\text{Hg}^{2+} + 4 \text{I}^- = [\text{HgI}_4]^{2-}$  tetrajodo -merkurát (II)-ion

A versenyzők által elért átlagpontoszám 8 pont. Dicséretet érdemel Hegedűs Márton, Labancz Barnabás, Tóth Petra Lili munkája.

(Tóth Albertné)

**K384.** Néhány példa olyan szervetlen vegyületekre, amelyekben az alkotó kémiai elemek anyagmennyiség-aránya megfelel a feladatban szereplő értékeknek:



- a) NaOH, KOH, NaOCl  
 b) H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub>  
 c) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>  
 d) Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>5</sub>, Na<sub>3</sub>SbS<sub>5</sub>  
 e) KSCN, HSCN, HNCO  
 f) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>4</sub>O<sub>6</sub>  
 g) Na<sub>6</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O  
 h) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

*A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7 pont. A legjobb megoldásokat Hegedűs Márton Krisztián és Saracco Lucio küldték be. Az a), b), c) és e) 1-1, a további részfeladatok 1,5-1,5 pontot értek. A fentiektől eltérő, de az alkotó kémiai elemeket megfelelő anyagmennyiség-arányban tartalmazó, létező szerves vegyületeket is maximális pontszámmal fogadtuk el. Minden olyan megoldásra, amely sztöchiometriailag helyes, de nem egy létező vegyületet takar, az adott részfeladat pontszámának fele járt.*

(Vörös Tamás)

**K385.** Az eredeti kérdésben a tömegcsökkenésből arra következtethetünk, hogy az észterhidrolízis ténylegesen két fragmenst eredményez, míg a módosított esetben egy laktongyűrű felnyitásáról lehet szó.

Az eredeti feladatban tehát egy CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>COO(CH<sub>2</sub>)<sub>m</sub>CH<sub>3</sub> összegképletű észterből (moláris tömege:  $M / (\text{g} / \text{mol}) = 74,09 + (n + m) \cdot 14,03$ ) egy CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>COONa (moláris tömege:  $M / (\text{g} / \text{mol}) = 82,04 + n \cdot 14,03$ ) képletű só képzünk. A moláris tömegekre felírva az arányt:

$$(74,09 + (n + m) \cdot 14,03) \cdot (1 - 0,465) = 82,04 + n \cdot 14,03.$$

Ebből átrendezéssel azt kapjuk, hogy:  $m = 5,64902 + 0,86916 \cdot n$ . Tudjuk, hogy  $n$  és  $m$  egész szám, és  $n$  próbálgatása során  $n = 5$  esetén kapunk pontos eredményt, amikor is  $m = 10$ . Ez alapján az eredeti feladat megoldása a CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>COO(CH<sub>2</sub>)<sub>10</sub>CH<sub>3</sub>, azaz az undecilheptanoát.

A módosított feladatban egy laktonból (egyszerűsítve (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>COO,  $M / (\text{g} / \text{mol}) = 44,01 + n \cdot 14,03$ ) egy ω-hidroxikarbonsav sóját állítjuk

elő  $(\text{HO}(\text{CH}_2)_n\text{COONa}$ ,  $M / (\text{g} / \text{mol}) = 84,01 + n \cdot 14,03$ ). A moláris tömegekre felírva az arányt:

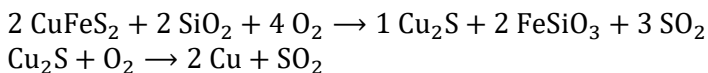
$$(44,01 + n \cdot 14,03) \cdot (1 + 0,465) = 84,01 + n \cdot 14,03$$

Az egyenletből pedig azt kapjuk, hogy  $n = 3$ . A módosított feladat megoldása tehát a  $\gamma$ -butirolakton.  $((\text{CH}_2)_3\text{COO})$ .

*A feladat alapvetően könnyűnek bizonyult. Legközelebb figyeljetelek, hogy megfelelő pontossággal számoljatok, mert a túlzott kerekítés hibás (mivel tényleg csak egész szénatomszámok jönnek szóba), vagy „másik helyes” megoldáshoz vezet (ami végül is szintén hibás lenne egy valós szituációban).*

(Szobota András)

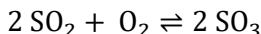
### K386. a)



Összesítve:  $2 \text{CuFeS}_2 + 2 \text{SiO}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Cu} + 2 \text{FeSiO}_3 + 4 \text{SO}_2$

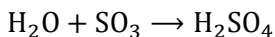
1 mol kalkopiritből 1 mol Cu és 2 mol  $\text{SO}_2$  keletkezik. Ez alapján 100 kg, azaz 545,0 mol kalkopiritből 545,0 mol, azaz 34,6 kg réz és 1090 mol, azaz  $2,70 \cdot 10^4$  liter  $\text{SO}_2$  gáz fejlődése várható.

b)



Két egység anyagmennyiségű  $\text{SO}_2$  gáz átalakulása esetén az egyensúlyi gázelegy anyagmennyisége egy egységgel csökken. Emiatt a kiindulási  $7,00 + 3,00 = 10,00$  mol gáz  $n = pV/(RT) = 8,30$  molra való csökkenése  $2 \cdot (10,00 - 8,30)$  mol = 3,40 mol  $\text{SO}_2$  elreagálásával és ugyanennyi  $\text{SO}_3$  keletkezésével járt.

c)



20,0 kg 32 m/m%-os óleumban van 6,40 kg  $\text{SO}_3$  és 13,6 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . 6,40 kg  $\text{SO}_3$  kénsavvá való alakulásához szükség van 1,44 kg vízre, ez 3,60 kg 60 m/m%-os kénsav oldatban van. Ekkora tömegű 60 m/m%-os kénsav oldat hozzáadásakor kapunk 23,6 kg 100 %-os töménységű kénsavat. Ehhez hozzáadva x kg 60 m/m%-os kénsav oldatot abban lesz

0,40·x kg víz és 23,6 + x·0,60 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. A szükséges mennyiségű 60 m/m%-os oldat tömegét az alábbi egyenletből határozhatjuk meg.

$$\frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{23,6 + 0,60x}{0,40x} = \frac{98}{2}$$

Ebből x = 1,24 kg, így összesen 3,60 kg + 1,24 kg = 4,84 kg 60 m/m%-os oldatra van szükség.

d) A hígításhoz szükséges víz mennyiségének egy lehetséges kiszámítási módja: m gramm kénsavra m·40/60 gramm víz jut a híg oldatban, de eredetileg már volt m·2,0/98 gramm víz, m·(40/60 – 2,0/98) gramm vízre van így csak szükség. Ez 8000·0,98 = 7840 gramm kénsav esetén 5067 gramm, így

$$n = \frac{n(\text{H}_2\text{SO}_4)}{n(\text{H}_2\text{O})} = 3,519$$

A képlet alapján, így 1 mol kénsav esetén Q = 49,4 KJ, 7840 gramm, azaz 80 mol kénsav esetén pedig Q = 3,95 MJ a felszabaduló energia. 1 gramm víz hőmérsékletének 1 °C-kal történő megemeléséhez 4,18 J szükséges, így ΔT = Q/(c·m) = 94,6 °C azaz 10 kg víz hőmérséklete 94,6 °C-kal nőne meg. Érdeemes lehet megemlíteni, hogy végtelenül nagy mennyiségű vízzel hígítva 1 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-et a képlet alapján 74,7 kJ hő felszabadulása várható, ami tekinthető a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldáshőjének.

*A feladat nem bizonyult nehéznek. Az átlag pontszám 7,89 lett. Hibátlan megoldást küldött be Csaba Dávid, Csernyák Milán, Keszte Panna és Sajósi Benedek. A legnagyobb nehézséget a d) rész jelentette, ahol sokan nem vették figyelembe azt, hogy a képlet 1 mol kénsav hígításához tartozó reakcióhőre vonatkozik és nem a feladatban szereplő mennyiségre.*

(Ficsór István Dávid)

**K387.** a) A feladat szövege alapján feltételezhető volt, hogy a fémtartalmú biner vegyület vízzel történő reakciója során egy fém-hidroxid (**B**) keletkezett, majd ezt hevítve a fém oxidját (**C**) kapták. Feltételezve azt, hogy a fém oxidációs száma a hevítés során nem változott, fel lehet írni az alábbi egyenletet Me<sub>2</sub>O<sub>n</sub>-re:

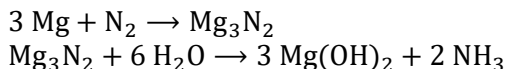
$$\frac{2 \cdot M(\text{Me})}{n \cdot M(\text{O})} = \frac{w(\text{Me})}{w(\text{O})} = \frac{100 - 39,7\%}{39,7\%}$$

Ebből a fém moláris tömegét kifejezve:

$$M(\text{Me}) = n \cdot M(\text{O}) \cdot 60,3 \cdot (2 \cdot 39,7)^{-1} = n \cdot 12,15 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Ez  $n = 2$  esetén lesz csak ismert moláris tömeghez közeli (24,3 g/mol), így a keresett fém (**X**) a magnézium (Mg) és annak ionja ( $\text{X}^{n+}$ ) a kétszeresen pozitív magnézium-ion ( $\text{Mg}^{2+}$ ) volt. Az **A** betűvel jelzett vegyületről feltételezve, hogy  $\text{Mg}_y\text{Z}_2$  (Z jelöli az ismeretlen elemet, y pedig annak töltését jelöli) összetételű, a fenti számítást elvégezve, azt kapjuk, hogy egységnyi negatív töltésre 1 g/mol jut. Ez alapján a keresett elem a hidrogén, így a biner magnézium vegyület (**A**) a magnézium-hidrid ( $\text{MgH}_2$ ) volt. Ezek alapján a többi betűvel jelzett vegyület a magnézium-hidroxid (**B**:  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ), a magnézium-oxid (**C**:  $\text{MgO}$ ), valamint a magnézium és a nitrogén egyesülési reakciójában keletkező magnézium-nitrid ( $\text{Mg}_3\text{N}_2$ ) vízzel történő reakciójának az egyik terméke az ammónia (**D**:  $\text{NH}_3$ ) volt.

b)



Az ammónia anyagmennyisége az adatok alapján 4,843 mmol. Ez a reakciók sztöchiometriája alapján  $3/2 \cdot 4,843 = 7,265$  mmol, azaz 0,177 gramm magnéziumot jelent. Tehát 0,177 gramm volt a használt magnézium tömege.

*A beküldők többségének nem jelentett nagy nehézséget a feladat megoldása. Az átlagpontoszám 8,77 lett és született négy darab hibátlan dolgozat is, ezeket a  $\text{BFCl}_2$  csapat, Csernyák Milán, Keszte Panna és Szabó Márton küldte be.*

(Ficsór István Dávid)

**K388.** a) Az előállított  $\text{CO}_2$  térfogata  $20 \cdot 15 \cdot 18 \text{ cm}^3 = 5400 \text{ cm}^3$ , azaz  $5,4 \text{ dm}^3$ . Feltételezve, hogy a kísérletet  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on és légköri nyomáson végezték, a gáz anyagmennyisége  $5,4/24,5 \text{ mol} = 0,220 \text{ mol}$ . Ehhez a  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ HCl} = 2 \text{ NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  reakcióegyenlet alapján szükséges  $0,220 \text{ mol} \cdot 106 \text{ g/mol} = 23,4 \text{ g}$  szilárd nátrium-karbonát. Az elméletileg reagáló HCl anyagmennyisége 0,440 mol, ennek tömege 16,1 g. Ez  $16,1/0,05 \text{ g} = 321 \text{ g}$  5,00 m/m%-os sósavban van.

b) A kísérlet során lejátszódó reakciók egyenletei:

CO<sub>2</sub> előállítás:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HCl} = 2 \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,

Mg meggyújtása Bunsen-égővel:  $2 \text{Mg} + \text{O}_2 = 2 \text{MgO}$ ,

Mg égése szén-dioxidban:  $2 \text{Mg} + \text{CO}_2 = 2 \text{MgO} + \text{C}$ .

c) Az órai kísérlet terméke MgO, Mg és szénpor keveréke. A fém-oxid ( $\text{MgO} + 2 \text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) és a fém ( $\text{Mg} + 2 \text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ ) oldódik sósavban, a visszamaradó fekete por a szén. A fejlődő hidrogéngáz anyagmennyisége  $0,0403 / 24,5 \text{ mol} = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ , azaz ekkora mennyiségű Mg nem égett el. Ennek tömege 0,0400 g, ami a kiindulási 0,700 g fémnek az 5,71 m/m%-a.

d) A kiindulási 0,700 gramm Mg anyagmennyisége  $2,88 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ . Ebből  $1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  nem égett el, vagyis  $2,88 \cdot 10^{-2} \text{ mol} - 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  Mg elégett és belőle  $2,72 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  MgO keletkezett. Ennek tömege 1,095 g. Az órai kísérlet termékének össztömegéből levonva az el nem égett Mg és a keletkezett MgO tömegét, megkapjuk a fekete por tömegét:  $1,172 \text{ g} - 0,0400 \text{ g} - 1,095 \text{ g} = 0,0370 \text{ g}$ .

e) A szakkörön vizsgált 1,172 gramm tömegű minta 0,0400 g el nem égett magnéziumot, 1,095 g magnézium-oxidot, valamint 0,0370 g szénport tartalmazott, ez alapján a tömegszázalékos összetétele 3,41 m/m% Mg, 93,4 m/m% MgO és 3,16 m/m% szénpor.

*A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,1 pont. Hibátlan megoldást összesen 6-an küldtek be. Sok megoldó a tanórai kísérletben lejátszódó folyamatokhoz nem írta fel a Mg meggyújtása során lejátszódó reakció egyenletét. Látva, hogy a keletkező MgO anyagmennyisége jóval nagyobb, mint a szénpor anyagmennyiségének kétszerese, mindenképpen lejátszódott az elemi fém levegőn történő oxidációja is.*

(Vörös Tamás)

**K389.** a) A nitrogén parciális nyomása  $101,3 \text{ kPa} \cdot 0,780 = 79,0 \text{ kPa}$ , az oxigéné  $21,3 \text{ kPa}$ , így a Henry-törvénnyel számolva a nitrogén koncentrációja  $79 \text{ mol/dm}^3 = 1,616 \cdot 10^5 \cdot c$ , ahonnan  $c = 4,89 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ , így ha  $1,00 \text{ dm}^3$  vízből kiforrálnánk a benne oldott nitrogéngázt, akkor az  $4,89 \cdot 10^{-4} \cdot 24,5 \text{ dm}^3 = 12,0 \text{ cm}^3$  térfogatot töltene ki. Ugyanezeket a számításokat elvégezve az oxigén koncentrációja

$4,62 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ , és az oldott oxigén térfogata gázhalmazállapotban  $11,3 \text{ cm}^3$  lenne.

b) Az előző számításban a  $101,3 \text{ kPa}$  érték helyett használjunk  $101 \text{ kPa} + 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m} = 296 \text{ kPa}$ -t. Így az oldott nitrogén koncentrációja  $1,43 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ , az oxigéné  $1,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$ .

c) Az előző részfeladat adatait felhasználva a távozó nitrogén anyagmennyisége  $5 \cdot (14,3 - 4,89) \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 = 0,0481 \text{ mol}$ , térfogata pedig  $118 \text{ cm}^3$ . Oxigén esetében pedig  $111 \text{ cm}^3$ . Így összesen  $229 \text{ cm}^3$  gáz távozna a vérből.

d) A hélium parciális nyomása  $296 \cdot 0,78 \text{ kPa} = 235 \text{ kPa}$ , tehát ismét Henry-törvényt alkalmazva a hélium koncentrációja  $8,11 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$  a vérben. A  $78 \text{ V/V\% He}$  és  $21 \text{ V/V\% O}_2$  összetételű gázelegy átlagos moláris tömege  $9,84 \text{ g/mol}$ ,  $1 \text{ mol}$  gáz térfogata  $200 \text{ bar} = 2 \cdot 10^4 \text{ kPa}$  nyomáson és  $25^\circ\text{C}$ -on  $0,124 \text{ dm}^3$ . Így a gázelegy sűrűsége  $79 \text{ g/dm}^3$ .

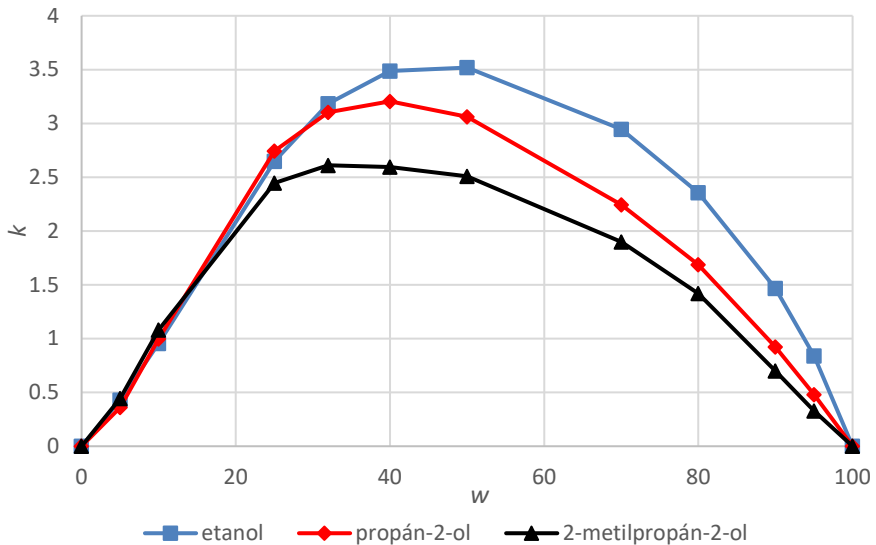
e)  $60 \text{ m}$  mélységben  $688 \text{ kPa}$  nyomáson az oxigén parciális nyomása  $145 \text{ kPa}$ , amely még nem éri el a veszélyes értéket.

(Borbás Réka)

**K390.** Készítsünk egy  $w$  tömeg%-os alkohol-oldatot úgy, hogy  $w$  gramm alkoholt kevertünk össze  $100-w$  gramm vízzel, azaz összekeverünk  $V_A \text{ cm}^3$  alkoholt és  $V_V \text{ cm}^3$  vizet, amelyből  $V_x \text{ cm}^3$  térfogatú elegy keletkezett. Ha a komponensek térfogata külön-külön számszerűen összeadva  $100 \text{ cm}^3$  lenne, akkor az elegy térfogata a kontrakció miatt  $100-k \text{ cm}^3$  lenne. Ezt aránypárokkal felírva:  $100:(V_A + V_V) = (100-k):V_x$ . Figyelembe véve, hogy  $V_x = 100/\rho_x$ ,  $V_A = w/\rho_A$  és  $V_V = (100-w)/\rho_V$ , algebrai átalakítások után kapjuk, hogy

$$\begin{aligned} k &= 100 - \frac{100V_x}{V_A + V_V} = 100 - \frac{100 \frac{100}{\rho_x}}{\frac{w}{\rho_A} + \frac{100-w}{\rho_V}} \\ &= 100 - \frac{10^4 \rho_A \rho_V}{\rho_x (w \rho_V + 100 \rho_A - w \rho_A)} \end{aligned}$$

Az alábbi ábra mutatja be a  $k$  térfogati kontrakció értékét tömegszázalék ( $w$ ) függvényében.



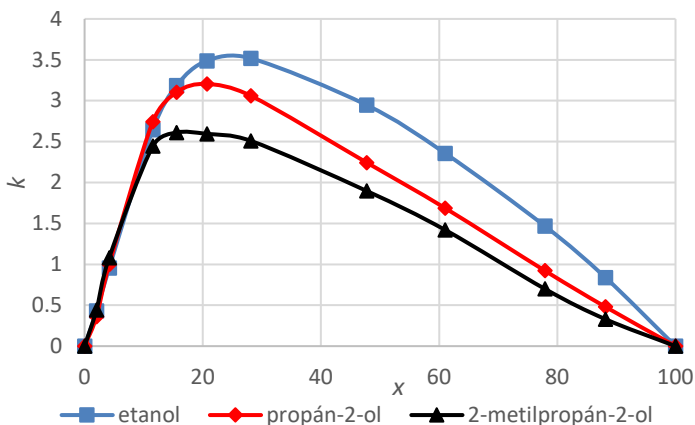
*Az etanol, propán-2-ol, 2-metilpropán-2-ol vízzel való elegyítése során bekövetkező térfogatcsökkenés a tiszta fázisok össztérfogatához képes százalékban kifejezve, az alkohol tömegszázalékának függvényében ábrázolva*

A grafiknról megállapítható, hogy mindhárom alkohol szenved térfogati kontrakciót vízzel való elegyítés során. A legkisebb apoláris láncsal rendelkező etanol esetében legnagyobb mértékű az elegyedés során való térfogatcsökkenés, és a maximális értéket nagyobb tömegszázalék esetén éri el. Mivel a moláris tömege ennek a legnagyobb, ezért ez a legnagyobb mértékű anyagmennyiség-arányt is jelenti. Tehát az etanol, a három közül a legkisebb szénhidrogén láncsal rendelkező alkohol, tud a legjobban beilleszkedni a víz hidrogén-kötési rendszerébe. Ahogy az apoláris rész mérete nő, és egyre elágazóbbá válik, úgy csökken a kontrakció mértéke.

*Az átlagpontoszám 8,8. Sok helyes ábra érkezett megoldásként. Azok a dolgozatok nem kaptak teljes pontszámot, ahol az ábrázolásban az x tengely nem lineáris osztásközöket kapott, vagy ha nem tértek ki a*

polaritás/szénlánc alakja, mérete és a kontrakció közötti összefüggésre, illetve elmaradt az ábra jellemzése.

Az alábbi ábra az alkoholok móltörtje és a térfogati kontrakció közötti összefüggést mutatja. Ez nem volt része a feladatnak, de érdemes megnézni, mert nagyon markánsan mutatja a polaritás és kölcsönhatás közötti kapcsolatot.



(Borbás Réka)

**K391.** a) Ha a kísérletet kellő körültekintéssel végzik el, akkor a tapasztalatok a következők. Három színtelen fázis különül el az egymásra rétegzés után, amelyek színe a jódkristály behelyezése és körkörös keverés után (alulról felfelé): lila, halványsárga vagy színtelen, lila. Alul helyezkedik el a kloroform (a legnagyobb sűrűségű folyadék), amely apoláris, oxigénmentes oldószer, ezért ebben a jód lila színnel oldódik. Középen a víz, mivel ennek a sűrűsége a közepső érték. Poláris oldószer, amelyben a jód csak kis mértékben oldódik. A felső fázis a toluol, a legkisebb sűrűségű, szintén apoláris és oxigénmentes oldószer, tehát ebben is jól oldódik lila színnel a jód.

b) Összerázás után a két apoláris oldószer elegyedik, ebben a jód lila színű, és az oldószer keverék sűrűsége a toluolra nézve 36,8 tömeg%-os apoláris elegyben (mivel e két oldószer sűrűsége lineárisan változik a tömegszázalékkal)  $\rho = (1,49 - 0,867) \cdot 0,368 + 0,867 = 1,096 \text{ g/cm}^3$ .



Ennek a sűrűsége egy kicsit nagyobb, mint a vízé, így az apoláris, lila fázis fog alsó fázisként elhelyezkedni.

c) Tegyük fel, hogy az egyéb oldószerekből 5-5 cm<sup>3</sup>-t tartalmazó kémcső felső fázisára  $V$  cm<sup>3</sup> toluolt öntünk. Ekkor a toluol tömegszázaléka  $86,7V/(7,45+0,867V)$ , így  $(1,49 - 0,867) \cdot 0,210/(7,45+0,867V) + 0,867 = 0,998$  g/cm<sup>3</sup> az elegy sűrűsége, mivel az apoláris és poláris fázis sűrűsége azonos. Innen  $V = 32,3$  cm<sup>3</sup>. Azaz arányokban kifejezve a kloroform és a toluol térfogataránya 1:6,45. A víz mennyisége tetszőleges, mivel az nem elegyedik az apoláris folyadékokkal.

*Megjegyzések: A nem maximális pontszámú dolgozatokban a típushibák a következők voltak: a fázisok elhelyezkedését vagy számát nem megfelelően adta meg a beküldő, nem megfelelő sorrendben (azaz nem csökkenő sűrűség szerint) rétegezte a folyadékokat, a b) feladatrészben hiányzott az apoláris elegyfázis sűrűségének megadása, és az ezzel való indoklás a tapasztalatok értelmezésére, illetve hibás módon számolta a c) feladatrészben a térfogatarányt.*

*A feladat szövege szerint a tömegszázalékkal egyenesen arányosan változik a sűrűsége az apoláris fázisoknak, ezért volt szükséges az arányokkal való számolás. Valójában tényleg elhanyagolható a térfogati kontrakció, de nem a tömeg-, hanem az anyagmennyiség-százalékkal egyenesen arányos a sűrűség, így a tényleges térfogatarányok a fentitől kismértékben eltérnek, viszont így a feladatot egy kis mértékben egyszerűsítettük. Az átlagpontszám 7,4.*

(Borbás Réka)

**K392.** a) Írjuk fel az egyes anyagok koncentrációit mol/dm<sup>3</sup> egységben kiinduláskor és egyensúlyban.

	SO <sub>2</sub> (g)	O <sub>2</sub> (g)	SO <sub>3</sub> (g)
Kiindulási	20/3	10/3	0
Egyensúlyban	20/3-0,764 = 5,09	10/3 - 1,57/2 = 2,55	20/3·0,236 = 1,57

Behelyettesítve az egyensúlyi állandó képletébe:

$$K = 1,57^2/(5,09^2 \cdot 2,55) = 0,0375.$$

b) Legyen a kiindulási összkoncentráció  $3c$ . Írjuk fel az egyes anyagok koncentrációit  $\text{mol}/\text{dm}^3$  egységben kiinduláskor és egyensúlyban ebben az esetben is.

	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{SO}_3(\text{g})$
Kiindulási	$c$	$2c$	$0$
Egyensúlyban	$0,764c$	$2c - 0,1118c = 1,882c$	$0,236c$

Behelyettesítve az egyensúlyi állandó képletébe  $K = (0,236c)^2 / ((0,764c)^2 \cdot 1,882c) = 0,0375$ , ahonnan  $c = 1,35 \text{ mol}/\text{dm}^3$ , az összkoncentráció ennek a háromszorosa:  $4,06 \text{ mol}/\text{dm}^3$ .

c) Legyen a kén-dioxid kiindulási koncentrációja  $x \text{ mol}/\text{dm}^3$ , ekkor az oxigéné  $10-x \text{ mol}/\text{dm}^3$ .

	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{SO}_3(\text{g})$
Kiindulási	$x$	$10 - x$	$0$
Egyensúlyban	$0,764x$	$10 - x - 0,1118x = 10 - 1,118x$	$0,236x$

Behelyettesítve az egyensúlyi állandó képletébe

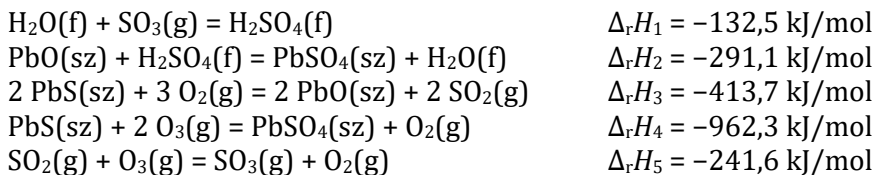
$$K = (0,236x)^2 / ((0,764x)^2 \cdot (10 - 1,118x)) = 1,010,$$

ahonnan  $x = 8,86 \text{ mol}/\text{dm}^3$ . Tehát a keresett arány  $7,77 : 1,00$ .

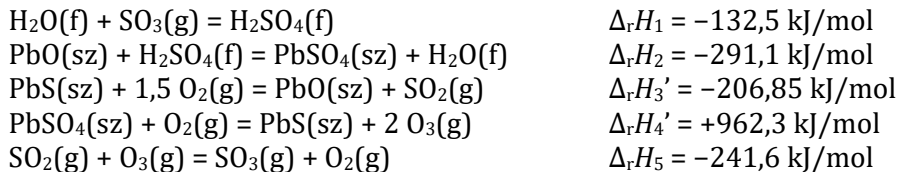
*Sajnos a feladat kiírásában volt egy hibás adat, az a) feladatrészben az átalakulás mértéke 30,3% helyesen, és akkor kapjuk meg a helyes egyensúlyi állandót. Így a téves adatból számolt egyensúlyi állandó értéke az alacsonyabb, ami exoterm reakció esetén nem lehetséges. A számolás menetét a hibás adat nem befolyásolta. Az átlagpontszám: 8,6.*

(Borbás Réka)

**K393.** A rendezett reakcióegyenletek a hozzájuk tartozó reakcióhőkkel:



A harmadik egyenlet sztöchiometriai együtthatóit osszuk el 2-vel, míg a negyedik egyenletnek vegyük a fordítottját. Ekkor a harmadik egyenlethez tartozó reakcióhő értékét el kell osztanunk 2-vel, míg a negyedik egyenlethez tartozó reakcióhő értéke előjelet vált:

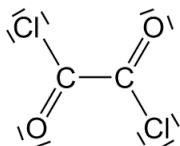


Ezt az öt egyenletet összeadva, majd elvégezve az egyszerűsítéseket az  $1,5 \text{ O}_2(\text{g}) = \text{O}_3(\text{g})$  reakcióegyenletet kapjuk. A hozzá tartozó reakcióhő értéke  $\Delta_r H_1 + \Delta_r H_2 + \Delta_r H_3' + \Delta_r H_4' + \Delta_r H_5 = 90,25 \text{ kJ/mol}$ , amely egyben az ózon képződéshőjének értéke is.

*A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,8 pont. Hibátlan megoldást 6 tanuló küldött be. A legtöbb számolási hiba az egyenletek átrendezése során előjeltévesztésből adódott.*

(Vörös Tamás)

**K394.** a) Az ideális gázokra vonatkozó  $pV = nRT$  összefüggést átrendezve kapjuk, hogy  $pM = \rho RT$ , melybe behelyettesítve a feladat adatait:  $100 \text{ kPa} \cdot M = 4,45 \text{ g/dm}^3 \cdot 8,314 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 343 \text{ K}$ , innen a keresett vegyület moláris tömege  $M = 126,9 \text{ g/mol}$ . A tömegszázalékos adatok alapján 1 mol vegyületben  $126,9 \text{ g} \cdot 0,1893 = 24,0 \text{ g}$ , azaz 2 mol C és  $126,9 \text{ g} \cdot 0,2521 = 32,0 \text{ g}$ , vagyis 2 mol O van. Ezen felül további  $126,9 \text{ g} - 24,0 \text{ g} - 32,0 \text{ g} = 70,9 \text{ g}$  tömegű halogénelem van a vegyület 1 moljában. Ez éppen megfelel 2 mol Cl tömegének, azaz a keresett vegyület összegképlete  $\text{C}_2\text{O}_2\text{Cl}_2$ , szerkezeti képlete:



Ez a vegyület az oxalil-klorid.

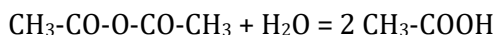
b) Az 1,00 gramm vegyület anyagmennyisége  $7,88 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ , amelynek feleslegben vett nátrium-hidroxid-oldattal való reakciója során

$n = (100 \text{ kPa} \cdot 0,192 \text{ dm}^3) / (8,314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \cdot 294 \text{ K}) = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ , vízben nem oldódó gáz fejlődik. Tehát a vegyületből gyakorlatilag vele azonos anyagmennyiségű gáz keletkezik. Feltételezhető, hogy a  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ -oldat hatására leváló fehér csapadék  $\text{BaCO}_3$ . Ennek anyagmennyisége  $1,554/197,3 \text{ mol} = 7,88 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ , amely szintén megegyezik a vizsgált vegyület anyagmennyiségével, azaz az oxalil-klorid  $\text{NaOH}$ -oldattal való reakciója során vele azonos anyagmennyiségű gáz fejlődik, illetve nátrium-karbonát keletkezik:



*A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,9 pont. A legjobb megoldásokat Bodnár Mária, Sajósi Benedek és Saracco Lucio küldték be. Az a) feladatrészben többen nem rajzolták fel a kérdéses vegyület szerkezetét, míg a b) részben sok esetben olyan egyenlet szerepelt, ahol a lúggal való reakció terméke  $\text{HCl}$ , vagy  $\text{CO}_2$ . Ezek azonban lúgos közegben nem keletkeznek, hanem közvetlenül nátrium-kloriddá, vagy nátrium-karbonáttá alakulnak.*

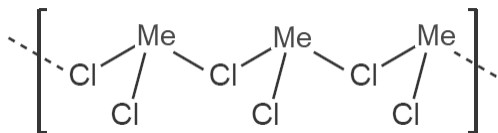
(Vörös Tamás)



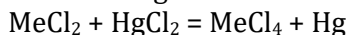
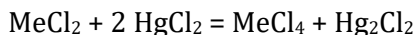
A  $188,9 \text{ cm}^3$   $1,08 \text{ g/cm}^3$  ecetsav-anhidrid megfelel  $204$  grammnak, azaz  $2,00$  molnak. Ha  $1$  mol kristályvizes só vízmentesítéséhez  $2$  mol anhidridre van szükség, akkor egy mol só  $2$  mol kristályvizet tartalmaz. Tehát képlete  $\text{MeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

b) A térszerkezet síkháromszögből torzult V-alak, tehát a kötésszög  $120^\circ$  körüli érték lehet.

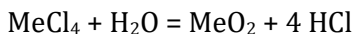
c)



d)



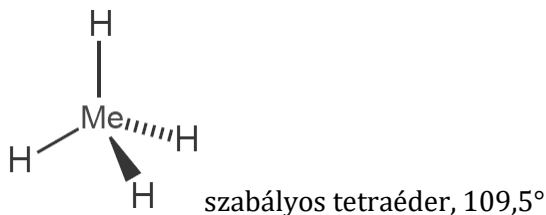
e)



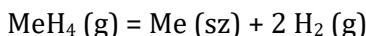
f)



g)



h)



*Sok jó megoldás született, az átlagpontszám: 8,1. Az egyetlen hibátlan megoldást Saracco Lucio küldte be. Többet pontot vesztek a d) részben, ahol a két különböző oxidáció esetében nem mindkettőnél használták a higany(II)-kloridot, pedig a feladat szövege ezt kérte. Többen felismerni vélték az „ismeretlen fém”-ben az ónt, de ez nem volt szükséges a feladat megoldásához.*

(Borbás Réka)

**H341. a)**

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{(c_{\text{BA}} - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{1 - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}$$

Nem mértünk be BA-t, így a  $c_{\text{BA}} = 0 \text{ M}$

Sejtésünk szerint az oldat savas lesz ( $[\text{H}^+] \gg 10^{-7}$ ), így a  $[\text{OH}^-]$  elhanyagolhatóan kis mennyiségű a  $[\text{H}^+]$ -hoz képest, és mivel összeadást és kivonást végzünk vele, így el is hagyhatjuk.

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{([\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{1 - [\text{H}^+]}$$

$$(1 - [\text{H}^+]) \cdot 1,86 \cdot 10^{-5} = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = 4,30 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 2,37$$

b)

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,1 - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{1 - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}$$

Próbáljuk meg azt, hogy elhagyjuk a felső és az alsó összegekből a  $[\text{H}^+]$ -t és a  $[\text{OH}^-]$ -t. Az eredmény fényében pedig még visszatérhetünk a fenti egyenlethez.

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{0,1 \cdot [\text{H}^+]}{1}$$

$$1,86 \cdot 10^{-4} = [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = 3,73$$

Vagyis az oldat savas ( $[\text{H}^+] \gg 10^{-7}$ ), így az  $[\text{OH}^-]$ -t bátran elhagyhatjuk, így:

$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,1 + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{1 - [\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+] = 1,86 \cdot 10^{-4}$$

Ez megegyezik a fenti értékkel, vagyis a hidrogénion-koncentrációt is bátran elhanyagolhatjuk, de csak az összeadás során!

c) A sósavat erős savnak tekintjük, az erős savaknak pedig az a tulajdonságuk, hogy a disszociációfokukat egynek tekinthetjük, ami azt jelenti, hogy a savi disszociációs állandójuk egy rendkívül nagy szám, közel végtelen. Ezzel a tulajdonsággal is jól használható a képlet, egy reciproképzést követően:

$$K_s = \frac{(c_{\text{BA}} - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]}{c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}$$

$$\frac{1}{K_s} = \frac{c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]}{(c_{\text{BA}} - [\text{OH}^-] + [\text{H}^+]) \cdot [\text{H}^+]} \cong 0$$

Ha a tört értéke 0, akkor a számláló értéke biztosan nulla.

$$c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-] = 0$$

Mivel az oldat savas ( $[\text{H}^+] \gg 10^{-7}$ ), így a  $[\text{OH}^-]$  elhanyagolhatóan kis mennyiségű a  $[\text{H}^+]$ -hoz képest, így azt az összegből elhagyhatjuk.

$$\begin{aligned} c_{\text{HA}} &= [\text{H}^+] \\ \text{pH} &= 2 \end{aligned}$$

d) Hasonlóan a c) feladathoz, itt is eljutunk a következő képlethez:

$$c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-] = 0$$

Csakhogy mivel a sósavoldat nagyon híg, így nem tekinthetünk el a  $[\text{OH}^-]$ -től, nem hanyagolhatjuk el a képletben. Így a vízionszorzat ismert képletét behelyettesítve a következő összefüggés adódik:

$$c_{\text{HA}} - [\text{H}^+] + \frac{K_v}{[\text{H}^+]} = 0$$

Ami algebrai átalakításokat követően egy másodfokú egyenletre vezet, amit megoldva a következő összefüggés jön ki.

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= \frac{c_{\text{HA}} + \sqrt{c_{\text{HA}}^2 + 4K_v}}{2} \\ \text{pH} &= 6,79 \end{aligned}$$

*A feladat egy középiskolai tananyagon túlmutató, mégis középiskolai ismeretek segítségével levezethető képletet jelent meg. A feladat nehézsége abból fakadhat, hogy olykor nem könnyű megérteni, hogy miért is tarthatunk figyelmen kívül egy adott értéket az egyenletbe, és miért kell figyelembe vennünk, ha szorzunk vele, vagy egy másik konkrét esetben.*

(Borzsák István Mihály)

**H342.** a) Feltételezhetjük, hogy a megkötött 0,55 ml, azaz  $2,42 \cdot 10^{-5}$  mol gáz ugyanennyi felületi Pt atomhoz kapcsolódik. Ez az összes 0,01 g Pt atomjainak 47%-a.

b) Az 1,0 g Pt által megkötött  $2,42 \cdot 10^{-3}$  mol CO az  $1,46 \cdot 10^{21}$  darab molekula.

c) Ha ezek a molekulák  $0,080 \text{ nm}^2$  felületet foglalnak el, az mindösszesen  $117 \text{ m}^3$  felületet jelent.

d) 1 g Pt térfogata a sűrűségének megfelelően  $4,66 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$ . Egy gömb alakú részecske térfogatának és felületének hányadosa:

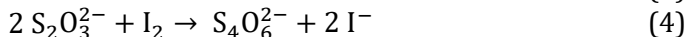
$$\frac{V}{A} = \frac{4/3 r^3 \pi}{4r^2 \pi} = \frac{r}{3}$$

A térfogat és felület ismeretében a részecske sugara tehát 1,19 nm, átmérője 2,39 nm.

*A feladat eleje nem jelentett komoly kihívást, csak néhányan nem látták át a megadott adatok és ábrák által sugallt modellt. Tévedést leginkább az utolsó lépésben követtek el a beküldők.*

(Magyarfalvi Gábor)

**H343.** a) A mérés során az oldatban lévő szulfidionok a hozzáadott, feleslegben alkalmazott kadmiumionokkal kanárisárga CdS csapadékot képeztek (a szulfidionok folyamatos fogyásával a Le Chatelier – Braun elv szerint a  $\text{HS}^-$  ionok és a  $\text{H}_2\text{S}$  molekulák folyamatosan deprotonálódtak, így végeredményben gyakorlatilag a kén-hidrogén összes speciesze levált CdS formájában). A tioszulfátionok pedig a jodometria jól ismert alapegyenletének megfelelően reagáltak a jóddal, mindaddig, míg el nem fogytak. Ekkor a következő csepp mérőoldat jódtartalma már nem tudott elreagálni, emiatt jelent meg a keményítővel mutatott szintén jól ismert kék színreakció. A lejátszódó reakciók a következők:



A levált 9,50 mg CdS csapadék anyagmennyisége

$$\frac{0,0095 \text{ g}}{144,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 6,58 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Így a benne lévő kéntartalom:

$$6,58 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 2,11 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 2,11 \text{ mg.}$$

A tioszulfátionok



$$7,30 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 0,0250 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 1,825 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

jóddal reagáltak, így a (4) reakcióegyenletnek megfelelően anyagmennyiségük

$$2 \cdot 1,825 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 3,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

Így az ebben jelen lévő kéntartalom:

$$3,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 2 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,0234 \text{ g} = 23,4 \text{ mg.}$$

Tehát a hőforrás vizének 100 ml-ében a teljes kéntartalom

$$2,11 \text{ mg} + 23,4 \text{ mg} = 25,5 \text{ mg.}$$

Ez azt jelenti, hogy 10-szer ennyi, azaz 1000 ml oldatban – melynek tömege az  $1 \text{ g/cm}^3$  sűrűség alapján épp 1 kg – 255 mg a teljes kéntartalom. Tehát a hőforrás vizének teljes kéntartalma 255 mg/kg.

b) Ezen mintában a tioszulfátionok anyagmennyisége

$$\frac{0,0059 \text{ g}}{(2 \cdot 32 + 3 \cdot 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5,268 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Így az ebből származó kéntartalom

$$5,268 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 2 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3,371 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 3,371 \text{ mg.}$$

$1 \text{ dm}^3$ , azaz a megadott sűrűség alapján 1 kg oldatban  $1,00 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$  szulfidion van, ennek tömege

$$1,00 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3,20 \cdot 10^{-7} \text{ g} = 3,20 \cdot 10^{-4} \text{ mg.}$$

Ez már csak a tioszulfátionokból származó kéntartalom mellett is elhanyagolható mennyiség.

A megadott pH alapján az oldatban a hidrogénionok egyensúlyi koncentrációja  $[\text{H}^+] = 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$ . A megadott savi disszociációs állandók, és az a) részben már szereplő reakcióegyenletek alapján felírhatók a következő egyenletek:

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$K_2 = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]}$$

Az ismert adatokat behelyettesítve:

$$9,50 \cdot 10^{-8} = \frac{10^{-8}[HS^-]}{[H_2S]}$$

$$1,30 \cdot 10^{-14} = \frac{10^{-8} \cdot 10^{-8}}{[HS^-]}$$

Utóbbi egyenletből:

$$[HS^-] = \frac{10^{-16}}{1,30 \cdot 10^{-14}} = 7,692 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ezt behelyettesítve  $K_1$  egyenletébe:

$$[H_2S] = \frac{10^{-8} \cdot 7,692 \cdot 10^{-3}}{9,5 \cdot 10^{-8}} = 8,097 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Megállapítható tehát, hogy literenként, azaz kg-onként a hőforrás vizében a  $HS^-$  ionok és a  $H_2S$  molekulák anyagmennyisége összesen

$$7,692 \cdot 10^{-3} \text{ mol} + 8,097 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 8,502 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

Ez megfelel

$$8,502 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,2721 \text{ g} = 272,1 \text{ mg}$$

kénnek. Így a forrásvíz teljes kéntartalma

$$272,1 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} + 3,371 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} = 275 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}.$$

c) Ebben a feladatrészben a kálium-jodidos jóddoldatot feleslegben használták. Erre onnan következtethetünk, hogy még miután elreagált a forrásvíz eredeti kéntartalmával, az után is részben maradnia kellett elreagálatlan jódnak, hiszen ezt a maradékot titráltuk vissza a nátrium-tioszulfát mérőoldattal, és ameddig ebből nem adagoltunk elegendőt, a keményítő megbízhatóan adta a jóddal megszokott kék színreakciót. A visszaméréskor a (4) reakcióegyenlet szerinti reakció játszódik le. A szükséges tioszulfátiókok anyagmennyisége:

$$0,073 \text{ dm}^3 \cdot 0,0200 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 1,46 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

Ezzel a (4) egyenlet szerint feleennyi, azaz  $7,3 \cdot 10^{-4}$  mol jóddal reagált a vizsgált 100 ml-nyi törzsoldatban. Ez azt jelenti, hogy a törzsoldat teljes, 1000 ml-es mennyiségében 10-szer ennyi, azaz  $7,30 \cdot 10^{-3}$  mol jóddal reagált.

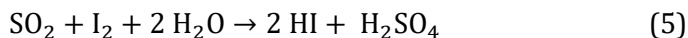
Ezen törzsoldatban az eredeti, teljes jódmennyiség

$$0,5 \text{ dm}^3 \cdot 0,0200 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,0100 \text{ mol}$$

volt. Ez azt jelenti, hogy az elnyeletett kén-hidrogénnel, illetve a belőle származó szulfidionokkal, valamint a kén-dioxiddal elreagált összesen

$$0,0100 \text{ mol} - 7,30 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,70 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

jód. A kén-dioxiddal történő reakció egyenlete a következő:



Az itt keletkező kénsav szulfátionjai a báriumionokkal fehér, igen rosszul oldódó  $\text{BaSO}_4$  csapadékot képeztek (a kén csapadékot már korábban kiszűrték). Ennek anyagszáma

$$\frac{0,0415 \text{ g}}{233,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,778 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

volt a törzsoldat 1/10 részében. Ez az (5) reakcióegyenlet szerint ugyanennyi mól kén-dioxidból keletkezett, azaz a gázminta tizedrészében, azaz éppen 1 l-ében ennyi, azaz  $1,778 \cdot 10^{-4}$  mol kén-dioxid volt, és a reakcióegyenlet szerint ez ugyanekkora anyagszáma jóddal képes reagálni. Tehát a teljes, 10 l-es gázminta kén-dioxid tartalma

$$10 \cdot 1,778 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 1,778 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

jóddal reagált.

Így a kén-hidrogén jódfogyasztása a teljes mintára nézve

$$2,70 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 1,778 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 9,219 \cdot 10^{-4} \text{ mol.}$$

A kén-hidrogén a következő egyenlet szerint reagál a jóddal:



Ez azt jelenti tehát, hogy a reagáló jód és a kén-hidrogén anyagmennyisége azonos, tehát a 10 l gázmintában  $9,219 \cdot 10^{-4}$  mol, tehát 1 l-ben  $9,219 \cdot 10^{-5}$  mol kén-hidrogén volt.

Tehát a gázminta kén-dioxid tartalma  $1,78 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$ , míg kén-hidrogén tartalma  $9,22 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$  volt.

*A feladatot a versenyzők nagy többsége sikerrel vette, sok volt a hibátlan, vagy legfeljebb kis számolási hibát tartalmazó megoldás. Ennek megfelelően az átlagpontoszám igen magas, 9,11 volt.*

(Csorba Benjámin)

**H344.** a) A 20 méteres mélységben a hidrosztatikai nyomás 1,96 bar, ehhez adódik a légköri nyomás. A 2,96 bar össznyomás mellett a Henry-törvény szerint a nitrogén móltörtje  $2,96 \text{ bar} / 8,57 \cdot 10^4 \text{ bar} = 3,45 \cdot 10^{-5}$ .

Az 5 liter víz 278 molja mellett ez 9,60 mmol nitrogéngáznak felel meg.

A 0,8 barra történő nyomáscsökkenés során a felszabaduló gáz hányada arányos a nyomásváltozással, az oldott mennyiség 2,16/2,96-szerese. Ez az adott nyomáson és hőmérsékleten 217 cm<sup>3</sup> térfogatot tölt ki.

b) A Henry-törvény értelmében az ennyi vízben oldott szén-dioxid mennyisége arányos a nyomással (feltételezve, hogy a víz anyagmennyisége jóval nagyobb):

$$n_{old} = \frac{pn_{v\acute{z}}}{k_H} = p \, 26,7 \frac{\text{mmol}}{\text{atm}}$$

Az adott térfogatú gázfázisban levő szén-dioxid mennyisége az ideális gáztörvény miatt lesz arányos az össznyomással:

$$n_{g\acute{a}z} = \frac{pV_{g\acute{a}z}}{RT} = p \, 3,01 \frac{\text{mmol}}{\text{atm}}$$

A gáz össz mennyisége változatlan, 150,6 mmol. [Ilyen nyomáson a szén-dioxid viselkedését az ideális gáztörvény persze egyáltalán nem írja le jól, sőt 50 bar nyomáson és 10 °C-on cseppfolyós halmazállapotú. Egy üdítőital esetében az 5 atm nyomású szén-dioxid lett volna az élelszerű.]

A gázmennyiségre felírható egyenletet megoldva az össznyomás 5,07 atm lesz, és az oldatba 135 mmol szén-dioxid kerül.

b) A hőmérséklet növelése esetén a közelítő egyenletek állandói megváltoznak. Az egyenletek megoldásával 12,1 atm nyomás és 119 mmol oldott CO<sub>2</sub> adódik 50 °C-on.

(Magyarfalvi Gábor)

**H345.** a) A feladat nem említi egyértelműen, hogy ebben a feladatrészben az edény zárt vagy nyitott állapotban van. Ennek az eredmény szempontjából nincs nagy jelentősége, csak néhány %-os eltérés van a két módon számított eredmény között. A Henry-törvény szerint a gázok oldhatósága egyenesen arányosan az oldattal egyensúlyban lévő gáztérben az adott gáz parciális nyomásával, az arányossági tényező a Henry-állandó. Nyitott edényt feltételezve a gáztérben az oxigén parciális nyomása mindvégig állandó, a 21 V/V % alapján a teljes nyomás 21 %-a, azaz 0,21 bar. Ekkor az oldatban az oxigén móltörtje a Henry-törvény felírásával számolható:

$$0,21 \text{ bar} = 4,42 \cdot 10^4 \text{ bar} \cdot x_{\text{O}_2}$$

Innen  $x_{\text{O}_2} = 4,75 \cdot 10^{-6}$ . Ez azt jelenti, hogy az oldatban szinte csak az oldószer, azaz a víz lesz jelen, ennek mennyisége mellett az összmennyiségben az oldott oxigén elhanyagolható. Így az oldat sűrűsége a víz sűrűségével, 1 g/cm<sup>3</sup>-rel azonosnak vehető, azaz 1 l oldat tömege 1 kg, azaz 1000 g. Így benne a víz anyagmennyisége, melyet a teljes anyagmennyiséggel azonosnak vehetünk:

$$\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 55,56 \text{ mol}$$

Az oldott oxigéngáz anyagmennyisége így

$$55,56 \text{ mol} \cdot 4,75 \cdot 10^{-6} = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Ennek tömege

$$2,64 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 8,45 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 8,45 \text{ mg}$$

Tehát 8,45 mg oxigén oldódik fel a vízben, az oxigén móltörtje pedig  $4,75 \cdot 10^{-6}$  lesz az oldatban.

Amennyiben zárt rendszert feltételezünk, kiszámítható, hogy kezdetben hány mól oxigén van jelen a gáztérben. Ez lesz az oxigén teljes mennyisége a folyamat során, mivel kezdetben a víz nem tartalmazott oldott oxigént. Kezdetben az oxigén parciális nyomása  $p_1 = 0,21 \text{ bar} = 21\,000 \text{ Pa}$ , térfogata  $V = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$ , hőmérséklete  $T = 25 \text{ °C} = 298,15 \text{ K}$ . Alkalmazva az ideális állapotegyenletet az oxigén kezdeti  $n_1$  anyagmennyisége kiszámítható:

$$p_1 V = n_1 R T$$

$$n_1 = \frac{p_1 V}{R T} = \frac{21\,000 \text{ Pa} \cdot 0,001 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K}} = 8,472 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Oldódjon be ebből  $n$  mól az oldatba, ekkor a gáztérben ugyanennyivel csökken az oxigén anyagmennyisége. A gáztérben az oxigén parciális nyomása és anyagmennyisége egyenesen arányos (amennyiben feltételezzük a térfogat és a hőmérséklet állandóságát), tehát az oxigén parciális nyomása ugyanannyiszorosára csökken, ahányszorosára az anyagmennyisége. Az oldat teljes anyagmennyiségét továbbra is 55,56 mólnak tekinthetjük. Így felírható ismét Henry törvénye:

$$\frac{8,472 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - n}{8,472 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} \cdot 0,21 \text{ bar} = 4,42 \cdot 10^4 \text{ bar} \cdot \frac{n}{55,56 \text{ mol}}$$

Innen  $n = 2,56 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ , mely 8,19 mg oxigénnek felel meg, az oxigén móltörtje pedig ekkor  $4,61 \cdot 10^{-6}$ . Látható, hogy az eredmény csak néhány %-kal tér el attól az esettől, ha nyitott edényt feltételeztünk.

b) Legyen a gáztér lecserélése előtt az oldatban lévő oldott oxigéngáz anyagmennyisége  $y$ . A gáztér lecserélése után (mivel a teljes gázteret argonnal töltjük fel) ez lesz a rendszerben lévő teljes oxigénmennyiség. Maradjon ebből oldatban  $z$  anyagmennyiségű oxigéngáz, ami azt jelenti, hogy  $y-z$  anyagmennyiségű az egyensúlyi gáztérbe kerül. A gáztér termodinamikai paraméterei azonosak a korábbiakkal, így benne az oxigén egyensúlyi parciális nyomása kétféleképpen (az ideális állapotegyenlet, valamint a Henry-törvény alapján) felírható:

$$\frac{z - y}{0,001 \text{ m}^3} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K} = 4,42 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot \frac{y}{55,56 \text{ mol}}$$

Ebben az egyenletben  $z$  és  $y$  mólban értendő, valamint kihasználtuk, hogy  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ . Innen  $y = \frac{z}{33,1}$ .

Azaz minden lépésben az előző érték 33,1-ed részére csökken az oldatban az oxigén anyagmennyisége, így (mivel a víz anyagmennyisége mellett az oxigéné továbbra is elhanyagolható) a móltörtje is. Ez alapján, amennyiben kezdetben  $4,75 \cdot 10^{-6}$  volt az oxigén móltörtje, akkor az első argonnal történő kezelés után ez  $1,44 \cdot 10^{-7}$  értékre, míg, ha a kiindulási móltört  $4,61 \cdot 10^{-6}$  volt, akkor  $1,39 \cdot 10^{-7}$  értékre csökken. A ppt  $10^{-12}$  részt jelent, azaz azt szeretnénk, hogy az oxigén móltörtje a kezdeti érték  $\frac{4,75 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} = 4\,750\,000$ -ed részére csökkenjen. A következő exponenciális egyenletet kell tehát megoldanunk:

$$33,1^k = 4\,750\,000$$

$$k = \log_{33,1} 4\,750\,000 = 4,39$$

Ez azt jelenti, hogy 4 kezelés még nem, 5 már elég. Tehát még 4-szer (az első kezelést is beleértve 5-ször) kell az eljárást megismételni. Amennyiben a ppt-t tömegre értelmezzük, az azt jelenti, hogy az 1 kg tömegű oldatban  $10^{-6}$  mg alá kell csökkennie az oldott oxigéntartalomnak. Ekkor hasonlóan felírható egy exponenciális egyenlet, mely megoldása 4,56, tehát ekkor is azt kapjuk, hogy 5 argonnal történő kezelés szükséges.

c) Először az ideális állapotegyenlet segítségével számítsuk ki, mekkora anyagmennyiségű A és B gáz van kezdetben a gáztérben. A kezdeti parciális nyomás mindkét esetben  $p_2 = 2 \text{ bar} = 200\,000 \text{ Pa}$ . Így a kezdeti anyagmennyiségek:

$$p_2 V = n_2 RT$$

$$n_2 = \frac{p_2 V}{RT} = \frac{200\,000 \text{ Pa} \cdot 0,001 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K}} = 0,08068358 \text{ mol}$$

Oldódjon be az A gázból az oldatba  $a$  mol, a B gázból  $b$  mol, melyekből alakuljon át  $x$  mol az AB vegyületté. Így az egyensúlyi állapotban a gáztérben  $(0,08068358 - a)$  mol A anyag, és  $(0,08068358 - b)$  mol B anyag, míg az oldatban  $(a - x)$  mol A anyag,  $(b - x)$  mol B anyag, és  $x$  mol AB vegyület van jelen.

Ekkor, hasonlóan, mint a b) feladatrészen mindkét gáz parciális nyomását felírhatjuk kétféleképpen, és ezen nyomásokat egyenlővé tehetjük, valamint felírhatjuk az egyensúlyi állandót is (ebben fontos, hogy móltörtök szerepelnek, így az előbb megadott anyagmennyiségeket el kell osztanunk az oldat teljes anyagmennyiségével, melyet továbbra is 55,56 móllal közelítünk):

$$\begin{aligned} & \frac{(0,08068358 - a) \text{ mol}}{0,001 \text{ m}^3} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K} \\ & = 1,0 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot \frac{(a - x) \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}} \\ & \frac{(0,08068358 - b) \text{ mol}}{0,001 \text{ m}^3} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 298,15 \text{ K} \\ & = 2,0 \cdot 10^9 \text{ Pa} \cdot \frac{(b - x) \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}} \\ 500 & = \frac{\frac{x \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}}}{\frac{(a-x) \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}} \cdot \frac{(b-x) \text{ mol}}{55,56 \text{ mol}}} \end{aligned}$$

Az egyenleteket rendezve:

$$\begin{aligned} a & = \frac{0,08068358 + 7,261522x}{8,261522} \\ b & = \frac{0,08068358 + 14,523044x}{15,523044} \\ 9 & = \frac{x}{(a - x) \cdot (b - x)} \end{aligned}$$

Ezt követően  $a$  és  $b$   $x$ -szel kifejezett értékét beírva az egyensúlyi állandó képletébe:

$$9 = \frac{x}{\left(\frac{0,08068358 + 7,261522x}{8,261522} - x\right) \cdot \left(\frac{0,08068358 + 14,523044x}{15,523044} - x\right)}$$

A nevezőben lévő két törtben közös nevezőt kialakítva, majd a törtet összevonva és végül összeszorozva:

$$9 = \frac{x}{\frac{(0,08068358 - x)^2}{8,261522 \cdot 15,523044}}$$



A nevezőben lévő törttel szorozva, a zárójeles kifejezést felbontva, végül az egyenletet 0-ra rendezve:

$$0 = 9x^2 - 129,69627x + 0,05858856$$

A másodfokú egyenlet megoldóképletébe behelyettesítve:

$$x_{1,2} = \frac{129,69627 \pm 129,68814}{18}$$

Megjegyzendő, hogy ebből a kifejezésből látható, miért volt szükséges kiírni az előzőekben a részeredményeket igen sok értékes jegyre. Látható, hogy még 4 értékes jegy kiírása is olyannyira kevésnek bizonyult volna, hogy ebben az esetben a számlálóban lévő két szám megegyezne (129,7 lenne), azaz az egyenlet egyik gyöke 0 lenne. Nekünk azonban pont erre a gyökre van szükségünk, mely értéke  $x = 4,52 \cdot 10^{-4}$ . A másik gyök 14,41, ez azonban kémiaiilag nem reális, mivel összesen sem volt jelen 14,41 mol A és B anyag, így nem alakulhatott ki ennyi AB vegyület.

Ezután  $x$  értékét visszahelyettesítve kapjuk, hogy:

$$a = \frac{0,08068358 + 7,261522 \cdot 4,52 \cdot 10^{-4}}{8,261522} = 0,0102$$

$$b = \frac{0,08068358 + 14,523044 \cdot 4,52 \cdot 10^{-4}}{15,523044} = 5,62 \cdot 10^{-3}$$

Így az A anyag adatai:

- oldatbeli móltörtje  $\frac{a-x}{55,56} = \frac{0,0102-4,52 \cdot 10^{-4}}{55,56} = 1,75 \cdot 10^{-4}$
- gáztérbeli parciális nyomása:  $1,75 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4 \text{ bar} = 1,75 \text{ bar}$

A B anyag adatai:

- oldatbeli móltörtje  $\frac{b-x}{55,56} = \frac{5,62 \cdot 10^{-3}-4,52 \cdot 10^{-4}}{55,56} = 9,30 \cdot 10^{-5}$
- gáztérbeli parciális nyomása:  $9,3 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ bar} = 1,86 \text{ bar}$

d) Az előzővel teljesen azonos módon (de más számértékek behelyettesítésével) elvégezve a számításokat, a B anyag móltörtjére ekkor  $9,10 \cdot 10^{-5}$  adódik. Ez az érték az előbbinek

$$\frac{9,30 \cdot 10^{-5}}{9,10 \cdot 10^{-5}} \cdot 100 \% = 97,8 \% \text{ -a.}$$

*A feladatot viszonylag kevesen küldték be, azonban a beküldők többsége sikeresen vette az akadályokat és helyes vagy szinte helyes megoldást küldött. Ennek megfelelően az átlagpontszám 7,35 volt.*

(Csorba Benjámin)

**H346.** a) Az elemi cella 8 csúcán levő atomok 8 cellához, a 6 lap közepén található atomok két cellához tartoznak. Ezen a 4 atomon felül a cella belsejében is található 4 atom. Tehát  $n = 8$ .

b) A sűrűség egyszerűen az elemi cella tömegének és térfogatának hányadosa:

$$d = \frac{nm}{a^3}$$

c) A gömb térfogatából és sűrűségéből megkaphatjuk a tömegét. A kritikus lépés az atomi tömegegység,  $u$  bevezetése, ami az Avogadro-állandó korábbi definíciója szerint  $u = 0,001 \text{ kg}/N_A$ . Az így kapott egyenletben az Avogadro-állandón felül mindent ismerünk:

$$w = \frac{4}{3} \pi r^3 d = \frac{4 \pi n m 0,001 r^3}{3 N_A a^3}$$

Az adatokból kapható  $N_A = 6,07 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$ .

d) A méter és a másodperc rögzített értékeire van még szükség a Planck-állandón felül:

$$1 \text{ kg} = \frac{h}{6,62607015 \times 10^{-34} (1 \text{ m})^2} \frac{1 \text{ s}}{(1 \text{ m})^2} = 1,4755214 \times 10^{40} \frac{\Delta v_{Cs} h}{c^2}$$

e) A hullámhossz és frekvencia közti összefüggés:  $c = \nu \lambda$  és a tömeg-energia ekvivalenciát felhasználva:

$$m = \frac{h}{c \lambda} = 3,48 \cdot 10^{-36} \text{ kg}$$

*A fizikai definíciókat körüljáró feladat nem keltett nagy érdeklődést, bár a beküldők zöme jó válaszokat adott. A helytelen kerekítéseket és értékes jegyek számát nem büntettük. Az Avogadro-állandó pontos meghatározása már diákolimpiákon is előfordult feladatként, pedig*

*ilyenkor nagy segítség, hogy a várható eredményt tulajdonképpen ismerjük.*

(Magyarfalvi Gábor)

**H347.** a) A feladat megoldását célszerű a töltésmérleg felírásával kezdeni és ezen megvizsgálni a lehetséges elhanyagolásokat (melyik speciesz koncentrációja becsülhető 0 mol/dm<sup>3</sup>-rel a többi mellett).

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}].$$

Az oldatunk savas lesz, így a hidroxidionok koncentrációja elhanyagolható. Továbbá élhetünk azzal a becsléssel, hogy  $\text{pH} \ll \text{p}K_{a2}$ , így a karbonátionok koncentrációja is elhanyagolhatóvá válik. Ezen megfontolások alapján a töltésmérleg a következőképpen egyszerűsödik:

$$[\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-].$$

A következőkben ezt az összefüggést és a megadott állandókat használva kell kifejeznünk a hidrogénion koncentrációt a szén-dioxid parciális nyomásának függvényében. Az egyensúlyi állandóba a  $\text{CO}_2(\text{g})$  bar mértékegységben mért parciális nyomás értéke kerül, amelyet osztanunk kell a referencia nyomás értékkel  $p^\ominus = 1 \text{ bar}$ , így a szén-dioxid móltörtjét kapjuk:  $x_{\text{CO}_2} = 4,10 \cdot 10^{-4}$ .

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{a1}[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{a1} (K_{\text{hyd}}[\text{CO}_2])}{[\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{a1}K_{\text{hyd}} (K_{\text{gas}}x_{\text{CO}_2})}{[\text{H}^+]}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{a1}K_{\text{hyd}}K_{\text{gas}}x_{\text{CO}_2}} = 2,5 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$\text{pH} = 5,60$$

b) A pH hatását az „összes oldott széntartalom” vizsgálatához induljunk ki a széntartalmú specieszek anyagmértékéből:

$$c_{\text{C}} = [\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}].$$

Az a) kérdésben tett megfontolások alapján a karbonát-ionok koncentrációja elhanyagolható. Továbbá tudjuk a szén-dioxid oldódási egyensúlyából, hogy:  $[\text{H}_2\text{CO}_3]/[\text{CO}_2] = 10^{-2,70}$ , így az oldott szénsav mennyisége is elhanyagolható. Itt érdemes megjegyezni, hogy ennél az állandónál a víznek a koncentrációjával (mint oldószernek) nem kell számolnunk. Tehát az anyagmérleg a következőképpen egyszerűsödik:

$$c_c = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-].$$

Az egyenletben szereplő két koncentráció közötti összefüggés a következő:

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_{a1} (K_{\text{hyd}}[\text{CO}_2])}{[\text{H}^+]} = 10^{-6,35+\text{pH}}[\text{CO}_2].$$

Ezeket az összefüggéseket használva vizsgáljuk meg az összes oldott széntartalom változását a pH függvényében. Ehhez képezzük az egyes pH-n számolt mennyiségek arányait.

1. eset  $\Delta\text{pH} = +1$  :

$$\frac{10^{-6,35+6,60}[\text{CO}_2] + [\text{CO}_2]}{10^{-6,35+5,60}[\text{CO}_2] + [\text{CO}_2]} = \frac{10^{+0,25} + 1}{10^{-0,75} + 1} = \frac{2,78}{1,18} = 2,4$$

2. eset  $\Delta\text{pH} = -1$  :

$$\frac{10^{-6,35+4,60}[\text{CO}_2] + [\text{CO}_2]}{10^{-6,35+5,60}[\text{CO}_2] + [\text{CO}_2]} = \frac{10^{-1,75} + 1}{10^{-0,75} + 1} = \frac{1,02}{1,18} = 0,86$$

*A feladat megoldásával kapcsolatban a legtöbb nehézséget a szén-dioxid parciális nyomásának megfelelő egységben történő alkalmazása, illetve a szén-dioxid oldódása során a víz koncentrációjának alkalmazása jelentette.*

(Varga Szilárd)

**H348.** a) Írjuk fel a különböző egyensúlyi állandókat a reakcióegyenletekben szereplő anyagok koncentrációjának segítségével!

$$K_{\text{OHcN}} = 10^{13,20} = \frac{[[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-][\text{OH}^-]}$$

$$\beta_2 = 10^{20,40} = \frac{[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}$$

$$\beta_3 = 10^{21,40} = \frac{[[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^3}$$

$$\beta_4 = 10^{20,80} = \frac{[[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}]}{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^4}$$

Ezekből a kérdéses komplexek koncentrációit kifejezve:

$$[[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] = 10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-][\text{OH}^-]$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] = 10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] = 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^3$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] = 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^4$$

Beírva az előbbi egyenletekbe, hogy jelenleg  $[\text{CN}^-] = [\text{OH}^-] = 1,00 \text{ M}$ , megkapjuk, hogy az egyes komplexek koncentrációja hányszorosa a szabad ezüstionok koncentrációjának:

$$[[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] = 10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+]$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] = 10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+]$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] = 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+]$$

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] = 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+]$$

Látható, hogy mindegyik szorzótényező 1-nél nagyobb, így a kérdéses specieszek közül az  $\text{Ag}^+$ -ionok koncentrációja a legkisebb. A további sorrend az előbbi egyenletekben látható szorzótényezők alapján felállítható. Így tehát a kérdezett csökkenő sorrend:

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] > [[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] > [[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] > [[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] > > [\text{Ag}^+]$$

A legnagyobb koncentrációjú speciesz az  $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$ , ennek kell tehát meghatározni a koncentrációját. Mivel a teljes oldott ezüstkoncentráció  $1,00 \text{ mM}$ , így felírható a következő egyenlet:

$$10^{-3} = [[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] + [[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] + [[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] +$$

$$+ [[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] + [\text{Ag}^+]$$

$$10^{-3} = 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+] + 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+] + 10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+] +$$

$$+ 10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+] + [\text{Ag}^+]$$

$$10^{-3} = 3,394 \cdot 10^{21} \cdot [\text{Ag}^+]$$

Innen a szabad  $\text{Ag}^+$  koncentrációját kifejezve:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{10^{-3}}{3,394 \cdot 10^{21}} = 2,946 \cdot 10^{-25}$$

Ebből a kérdéses  $[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}$  komplexion koncentrációját meghatározhatjuk:

$$\begin{aligned} [[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] &= 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+] = 10^{21,40} \cdot 2,946 \cdot 10^{-25} \\ [[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] &= 7,40 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

Tehát a legnagyobb koncentráció értéke  $7,40 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ .

b) A teljes sorrend akkor és csak akkor nem változik meg, ha az oldal tetején írt 4 reláció mindegyike továbbra is fennáll (ha valamelyik megváltozik, akkor minimum az a két speciesz helyet cserél a sorrendben, ha pedig nem változik meg egyik sem, akkor mindenképp fennmarad a fenti sorrend). Meg kell tehát határoznunk mind a négy reláció esetén a CN<sup>-</sup>-ionok koncentrációjának azt az alsó vagy felső határát, ahol a sorrend megváltozik. Ehhez sorban áttekintjük az összes relációt, felírva a megfelelő egyenlőtlenségeket, és behelyettesítve az egyensúlyi állandók alapján az előző oldalon kifejezett értékeket, végül algebrai átalakítások után megkapva a CN<sup>-</sup>-ionok koncentrációjának határát.

Tekintsük először sorrendben az első relációt:

$$\begin{aligned} [[\text{Ag}(\text{CN})_3]^{2-}] &> [[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] \\ 10^{21,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^3 &> 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^4 \\ 10^{0,60} &> [\text{CN}^-] \\ 3,98 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} &> [\text{CN}^-] \end{aligned}$$

Tekintve a sorrendben második relációt:

$$\begin{aligned} [[\text{Ag}(\text{CN})_4]^{3-}] &> [[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] \\ 10^{20,80} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^4 &> 10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2 \\ [\text{CN}^-]^2 &> 10^{-0,40} \\ [\text{CN}^-] &> 10^{-0,20} \\ [\text{CN}^-] &> 0,631 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \end{aligned}$$

Tekintve a sorrendben harmadik relációt:

$$[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-] > [[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-]$$

$$10^{20,40} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2 > 10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-] \cdot 1$$

$$[\text{CN}^-] > 10^{-7,20}$$

$$[\text{CN}^-] > 6,31 \cdot 10^{-8} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Tekintve a sorrendben legutolsó relációt:

$$[[\text{Ag}(\text{OH})(\text{CN})]^-] > [\text{Ag}^+]$$

$$10^{13,20} \cdot [\text{Ag}^+][\text{CN}^-] \cdot 1 > [\text{Ag}^+]$$

$$[\text{CN}^-] > 10^{-13,20}$$

$$[\text{CN}^-] > 6,31 \cdot 10^{-14} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Összevetve a cianidionok koncentrációjára kapott négy egyenlőtlenséget, megállapítható, hogy ez a koncentráció összességében  $0,631 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  és  $3,98 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  változhat úgy, hogy az előző feladatrészen megállapított koncentrációsorrend ne változzon meg.

*A feladat sikeresnek bizonyult a beküldők többsége számára, a beküldők több mint fele hibátlan megoldást adott be. Az átlagpontszám 7,93 pont volt.*

(Csorba Benjámin)

**H349.** a) Írjuk fel a brómtimolkék indikátor savi disszociációs állandóját a megfelelő koncentrációk segítségével! Ehhez jelöljük a brómtimolkék protonált formáját HA-val, a deprotonált formát A<sup>-</sup>-szal!

$$K_s = 10^{-7,1} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Ez alapján 2-es pH-n, ahol  $[\text{H}^+] = 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ :

$$\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = \frac{[\text{H}^+]}{K_s} = \frac{10^{-2}}{10^{-7,1}} = 10^{5,1} = 125\,893$$

Ezzel szemben 12-es pH-n, ahol  $[\text{H}^+] = 10^{-12} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$

$$\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{K_s}{[\text{H}^+]} = \frac{10^{-7,1}}{10^{-12}} = 10^{4,9} = 79\,433$$

Látható tehát ezen arányokból, hogy 2-es pH-n a protonált speciesz mellett a deprotonált speciesz koncentrációja elhanyagolható, 12-es pH-n pedig a deprotonált speciesz koncentrációja mellett hanyagolható el a protonált speciesz koncentrációja. Tehát úgy tekinthető, hogy 2-es pH-n a brómtimolkék teljes,  $c = 200 \mu\text{mol}/\text{dm}^3 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/\text{dm}^3$  mennyisége protonált, míg 12-es pH deprotonált formában van jelen.

Így tehát úgy tekinthetjük, hogy 2-es pH-n a hullámhossztól függetlenül csak a protonált, 12-es pH-n pedig csak a deprotonált forma okozott fényelnyelést (mivel a mért abszorbananciák nagyságrendileg hasonlóak, így az az eset sem állhat fenn, hogy valamelyik hullámhosszon valamelyik speciesz moláris abszorpciós koefficiense nagyságrendekkel nagyobb lenne a másikénál, azaz igen kis koncentrációban is jelentős elnyelést adna).

A Lambert-Beer törvény alapján amennyiben csak egy fényelnyelő komponens van jelen az oldatban, az abszorbanancia a következőképpen írható fel:

$$A = \varepsilon cl$$

Itt  $\varepsilon$  a moláris abszorpciós koefficiens,  $l = 1 \text{ cm}$  pedig a fény úthossza. A moláris abszorpciós koefficiens kifejezve:

$$\varepsilon = \frac{A}{cl}$$

Ezt a műveletet mindhárom hullámhosszon mindkét pH-n elvégezve, 2-es pH-n megkapjuk a protonált forma abszorpciós koefficienseit, 12-es pH-n pedig a deprotonált formáét. Az eredmények a következő táblázatban szerepelnek.

Hullámhossz	420 nm	501 nm	520 nm
HA	$8700 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$	$3500 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$	$1800 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$
A <sup>-</sup>	$3000 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$	$3500 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$	$5300 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$



b) Ismert, hogy az abszorbanciák (a Lambert-Beer törvény érvényességi tartományán belül, tehát körülbelül 2-es abszorbanciáig) additívnak tekinthetők, azaz amennyiben mindkét speciesz számottevő formában van jelen, úgy az abszorbanciáik összeadódnak. Mivel a pH-t nem ismerjük előre (épp ezt kell kiszámolni), így feltételeznünk kell, hogy ez a helyzet áll fenn. A két hullámhosszon érvényes moláris abszorpciós koefficiensek alapján a következő egyenletek írhatók fel (az 1 cm-es úthossz miatti 1-es szorzót elhagytam, a behelyettesített adatok mértékegységei alapján a koncentrációkat mol/dm<sup>3</sup> egységben kapjuk):

$$\begin{aligned} 1,13 &= 8700 \cdot [\text{HA}] + 3000 \cdot [\text{A}^-] \\ 0,52 &= 1800 \cdot [\text{HA}] + 5300 \cdot [\text{A}^-] \end{aligned}$$

Az egyenletrendszer megoldásai:

$$\begin{aligned} [\text{HA}] &= 1,09 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \\ [\text{A}^-] &= 6,12 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \end{aligned}$$

A savi disszociációs állandó képletéből a H<sup>+</sup> koncentrációját kifejezve:

$$[\text{H}^+] = K_s \cdot \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = 10^{-7,1} \cdot \frac{1,09 \cdot 10^{-4}}{6,12 \cdot 10^{-5}} = 1,41 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ez alapján az oldat pH-ja:  $-\lg 1,41 \cdot 10^{-7} = 6,85$ .

c) Látható, hogy 501 nm-es hullámhosszon a két forma moláris abszorpciós koefficiense azonos, ez által az abszorbancia szempontjából csak a két forma összkoncentrációjának van jelentősége, annak nem, hogy mekkora a pH, azaz milyen arányban van jelen a két forma (ez látszik akkor is, ha felírjuk a Lambert-Beer törvényt, és kiemeljük az  $\epsilon l$  szorzótényezőt, amit azért tehetünk meg, a két abszorpciós koefficiens megegyezik). Így tehát az mindegy, hogy milyen kémhatású oldattal történik a hígítás, csak annak van jelentősége, hogy 5-szörös térfogatra lett hígítva az elegy, azaz a két forma összkoncentrációja ötödére csökkent. Így ekkor az abszorbancia mindkét esetben:

$$A = 3500 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{cm}} \cdot \frac{1,09 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} + 6,12 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{5} \cdot 1 \text{ cm}$$

$$A = 0,119$$

*A feladatot a legtöbb versenyző viszonylag sikeresen meg tudta oldani, azonban az a) feladatrészen a moláris abszorpciós koefficiensek mértékegységét sokan elhagyták, valamint előfordult néhány versenyző esetén számolási hiba is. Teljesen hibátlan megoldást csak négyen küldtek. Az átlagpontoszám 8,53 pont volt.*

(Csorba Benjámin)

**H350.** a) Az (-)-epikatechin két kiralitáscentrumának abszolút konfigurációja a CIP-konvenció alapján: 2: R, míg 3: R. (lásd KÖKÉL 2004/4. Szabó András: Optikai izoméria)

b) Az **A** átalakítás egy észterképzési reakció. A felsorolt reagensek közül ez a sav katalizálta folyamat csak a MeOH, HCl reagens rendszerrel képzelhető el. Az első két körülmény erősen bázikus körülményeket jelöl, amelyek csak a karbonsav, illetve a fenolos részletek deprotonálását jelentené. A harmadik körülmény redukciót tenne lehetővé, de a kiindulási vegyületek funkciós csoportjai közül egyik sem redukálható ilyen körülmények között.

c) A **B** átalakítás egy ún. Williamson-féle éter képzés, ehhez bázis segítségével a fenolos hidroxil-csoportokból erős nukleofil fenolát-iont képeznek (így a 3. és 4. körülmény nem megfelelő). Az alkilező reagensnek az átalakuláshoz jó távozócsoportot kell tartalmazni, a hidroxidion önmagában nem jó távozócsoport, de a kloridion igen. Ezért a 2. körülmény lesz a megfelelő:  $\text{PhCH}_2\text{Cl}$ , NaH.

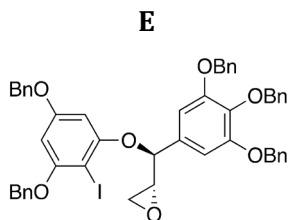
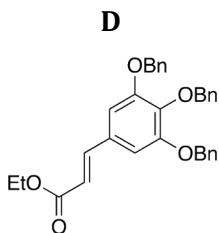
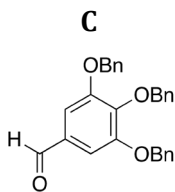
d) A **C** vegyülethez két lépésben jutunk. Először az észter részletet alkohollá redukáljuk ( $\text{LiAlH}_4$ ), majd az alkohol részletet szelektíven aldehiddé oxidáljuk (PCC – piridínium klorokromát).

A **D** vegyület előállításához a malonsav félészterét használtuk bázikus közegben, így a savas CH-csoportja is deprotonálható, amely a **C** vegyület aldehid részével reagál nukleofilként egy nukleofil addíciós reakcióba, ezt követi egy víz elimináció és dekarboxilezés, így jutunk a megfelelő telítetlen észterhez.

Az **E** vegyület előállítása során egy  $\text{S}_{\text{N}}2$  típusú alkilezési reakció játszódik le, ahol a nukleofilünk a vázolt fenol hidroxilcsoportja, míg a távozó csoport látszólag a kiindulási vegyület alifás hidroxilcsoportja. A sikeres reakcióhoz és a megfelelő inverziós sztereokémiához ún. Mitsunobu-féle reakció körülményeket alkalmaztunk (azadikarbonsav származék

és trialkil/triaril-foszfín), amely egyszerre gondoskodik a nukleofil aktiválásáról (deprotonálás) és a hidroxil-csoportot is jó távozócsoporttá alakítja, továbbá az  $S_N2$  mechanizmusnak kedvező körülményeket hoz létre. (lásd KÖKÉL 2006/1. Kotschy András: Néhány jelentősebb szerves kémiai mechanizmus)

Ezek alapján a képződött vegyületek szerkezete:



*A feladat alapvetően jól sikerült a beküldőknek, a megoldásokban a legtöbb nehézséget az E vegyület szerkezetének kitalálása okozta.*

(Varga Szilárd)