

GONDOLKODÓ



Feladatok

Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Zagyi Péter

A megoldásokat 2023. április 17-ig lehet a kokel.mke.org.hu honlapon keresztül feltölteni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük.

A **K** feladatsorra beküldött megoldásokból a legjobb 5 feladatot számítjuk csak be fordulónként. A 11-12. évfolyamos diákok esetében a nehezebb (csillagozott) példák mindenképp bekerülnek az 5 közé.

K452. A Mars légköre hozzávetőleg 95,0 $n/n\%$ szén-dioxidot, 2,8 $n/n\%$ nitrogént, 2,0 $n/n\%$ argont és 0,2 $n/n\%$ oxigént tartalmaz. A felszínen a nyomás 6,35 mbar.

- Ha $-60,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérséklettel számolunk, mekkora a légkör sűrűsége a felszínen? Hányszorosa ez a földi légkör tengerszinti sűrűségének, ha a Földön $14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os átlaghőmérsékletet veszünk?*
- Az alábbi gázokkal töltött lufik közül melyik szállna felfelé egy marsi születésnap partin: hélium, oxigén, hidrogén-klorid, etán, kripton?*
- Ha a marsi születésnap partin gyertya helyett egy 4,25 grammos magnéziumszalagot hevítünk fel egy $40,0\text{ m}^3$ -es, marsi levegővel töltött tartályban, melynek kezdeti hőmérséklete és nyomása megegyezik a fenti, átlagos értékekkel, mekkora lesz a szilárd anyag tömege az égés után?*

(Borbás Réka)

K453. A legénységgel történő Mars-kutatáshoz meg kell találnunk a módját annak, hogy az alacsony sűrűségű, főleg szén-dioxidból álló légkörből oxigént termeljünk. A NASA Perseverance marsjáróján végzett kísérlet bebizonyította, hogy ez lehetséges. 2021. április 20-án a marsjáró használta az ún. MOXIE-t (Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment), melynek segítségével sikeresen alakította át a szén-dioxidot oxigénné a Marson. Bár a kísérlet még kezdeti stádiumban van, de ígéretesnek bizonyult.

A folyamat lényegében magas hőmérsékleten (kb. 800 °C-on) lezajló elektrolízis. Az elektrolizáló cella katódján a beszívott és pormentesített levegőben lévő szén-dioxid redukálódik szén-monoxiddá. Az elektródokat szilárd elektrolit választja el, amelyben az oxidionok képesek elmozdulni. Ez esetben a katódról az anódra vándorolnak, ahol oxidálódnak. Az anódon keletkezik tehát az oxigén.

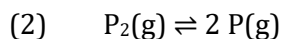
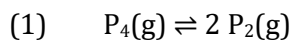
- a) *Írd fel a két elektródon lejátszódó folyamatok egyenletét!*
 b) *Ha 4,00 A áramerősséget használva a cella óránként 1,20 g oxigéngázt állít elő, akkor a cellán átáramlott töltés hány százaléka hasznosul?*

A marsi utazásnak egyik nehézsége, hogy az oxigénszállítást is meg kell oldani. Az egyik terv szerint az ember érkezését megelőzően, 16 hónappal korábban megkezdhenék az oxigéntermelést.

- c) *Ha 24,0 tonna oxigén termelése a cél, akkor hány cellára lenne szükség a fentiek szerint? (Vegyünk egy hónapot átlagosan 30 nappól állónak.) Mennyi szén-monoxid termelődne mindeközben?*
 d) *Miért nem jelenthet megoldást a fenti eljárás a Földön arra, hogy a szén-dioxidot oxigénné alakítsuk, és csökkentjük így az üvegházhatását?*

(Borbás Réka)

K454. A foszforatom hármas kötés létesítésére nagy mérete és kis elektronegativitása miatt nem hajlamos, szemben a nitrogénnel. Mégis létezik P₂ molekula is. Tekintsük a következő egyensúlyokat:



Ha egy $1,00 \text{ dm}^3$ -es tartályból kiszivattyúzzuk a levegőt, és beleteszünk 124 g fehérfoszfort, majd a tartályt $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra melegítjük, a fenti egyensúlyi reakciók végbemennek, és az egyensúly beálltaig a fehérfoszfor $87,8\%$ -a alakul át. A (2) folyamat egyensúlyi állandója $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ -on

$$K_2 = 2,33 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3.$$

- Mennyi az (1) folyamat egyensúlyi állandója?
- Mi lesz a $P_4 : P_2 : P$ anyagmennyiség-arány az egyensúlyi elegyben?
- Mennyi lesz az egyensúlyi nyomás a tartályban?
- Ha a hőmérsékletet $1800 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra emeljük, akkor melyik foszforforma (foszforformák) mennyisége lesz kisebb az előző egyensúlyi állapothoz képest az új egyensúly beállása után?

Egyensúlyi állandók $1800 \text{ }^\circ\text{C}$ -on:

$$K_1 = 239 \text{ mol/dm}^3; K_2 = 2,73 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$$

(Borbás Réka)

K455. Vendel egy olyan porkeveréket akar előállítani, amit pontosan három anyag alkot, pontosan háromféle atom van benne és azok tömegaránya $1:1:1$.

Elsőként a szén, a kalcium-oxid és a kalcium-karbonát keverékét választotta.

- Milyen tömegarányban keverje össze a három anyagot?

Ez a keverék levegővel érintkezve nem maradna változatlan összetételű.

- Mi a változás oka? Mely elem(ek) tömegaránya nőne és melyiké (melyeké) csökkenne?

Vendel szeretné lecserélni a kalcium-karbonátot valami más anyagra.

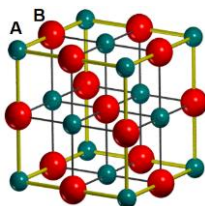
- Mi jöhet szóba? Válaszodat számítással is támaszd alá!

Egy újabb kihívás az, hogy nitrogén és oxigén is szerepeljen az atomok között, hiszen ezek elemi állapotban gáz-halmazállapotúak. A harmadik elem bármi lehet.

- Keress olyan anyagokat, amelyekkel megvalósíthatók Vendel eredeti feltételei! Számítsd ki a három kiválasztott anyag tömegarányát is!

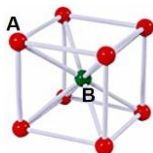
(Zagyi Péter)

K456. Egy ionvegyület két ionja izoelektronos. Szerkezete a kősó rácsához hasonló, tehát elemi cellája egy kocka, melyben az ionok az ábrán látható módon helyezkednek el. A cellaállandó (vagyis a kocka élhossza) 0,4212 nm. Ebből a cellaállandóból kiszámítható az elemi cella sűrűsége, ami megegyezik az anyag sűrűségével: 3,583 g/cm³.



- a) Írd fel az anyag képletét az **A** és **B** betűjelek felhasználásával!
 b) Melyik anyagról lehet szó?

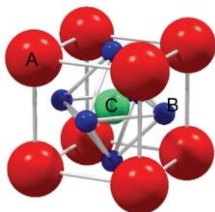
Szintén izoelektronos ionokból áll az a vegyület, melynek elemi cellája szintén kocka, de más, mint az előbbi.



A cellaállandó értéke 0,4503 nm, az ebből számított sűrűség pedig 4,725 g/cm³.

- c) Írd fel az anyag képletét az **A** és **B** betűjelek felhasználásával!
 d) Melyik anyagról lehet szó?

A harmadik vegyület ionjai is izoelektronosak. Kristályszerkezete valamivel bonyolultabb, mint az előzőeké, de ez is szabályos, tehát az elemi cella ismét egy kocka. Ebben az esetben a kocka középpontjában (**C**), lapközéppontjaiban (**B**) és csúcsain (**A**) található az ionok. A cellaállandó értéke 0,3950 nm, az ebből számított sűrűség pedig 2,796 g/cm³.



e) Írd fel az anyag képletét az **A**, **B** és **C** betűjelek felhasználásával!

f) Melyik anyagról lehet szó?

A kérdések megválaszolásához fontos mérlegelni, hogy egy-egy ion hány elemi cellához is tartozik. Hiszen például a c) kérdésre nem helyes válasz az **A₈B**, ugyanis míg a **B** ion teljes egészében az elemi cella része, addig az **A** ionoknak csak egy bizonyos hányada számítódik ide.

(Zagyai Péter)

K457*. Sokszor hallhatunk az omega-3 zsírsavak egészségre gyakorolt hatásáról. Nagyon sokféle omega-3 zsírsav létezik, de főként az alfa-linolénsav (ALA), az eikozapentaénsav (EPA) és a dokozaeaeénsav (DHA) élettani jelentősége, idegrendszerre és szívre gyakorolt pozitív hatása a legfontosabb.

Zsírok és olajok, ill. a zsírsavak telítetlenségének jellemzésére az ún. jódszámot alkalmazzák. Ez megmutatja, hogy 100 gramm anyag hány gramm jódot tud addicionálni. A jódszám meghatározásához a vizsgálandó anyagból bemérünk 0,8-1,0 g-ot egy 250 cm³-es üvegdugós Erlenmeyer-lombikba, hozzáadunk 15-20 cm³ tiszta kloroformot, és hozzápipettázunk pontosan 30,0 cm³ alkoholos jód-higany(II)-klorid-oldatot (mely úgy készül, hogy 25,0 g jódból 95%-os alkohololdattal 500 cm³ oldatot készítünk, illetve 30,0 gramm higany(II)-kloridból is 500 cm³ oldatot készítünk 95%-os alkohololdattal, és a két oldatot összeöntjük). A lombikot megnedvesített dugóval bedugjuk. Ha a folyadék a kevergetéskor nem lesz teljesen tiszta, még kevés kloroformot adunk hozzá. A jódmennyiségnek annyinak kell lennie, hogy a reakció végén az oldat még barna színű legyen. A jódozás alatt az elegyet a közvetlen napfénytől óvjuk. 2 óra alatt a reakció befejeződik. Ekkor az elegyhez 15 cm³ 10%-os KI-oldatot adunk, és 100 cm³ vízzel felhígítjuk. Ha vörös csapadék válik ki (HgI₂), a KI kevés volt, ilyenkor még utólag annyit teszünk hozzá, hogy a csapadék feloldódjék. Ezután gyakori rázogatas közben annyi 0,1 mol/dm³ Na₂S₂O₃-oldatot adunk hozzá, hogy a vizes és a kloroformos fázis csak gyengén sárga színű legyen. Ekkor keményítőindikátort adunk az elegyhez, és alapos rázogatas közben színtelenre titráljuk.

A meghatározás során végbemenő reakciók:

$\text{HgCl}_2 + 2 \text{I}_2 \rightarrow \text{HgI}_2 + 2 \text{ICl}$ (az alkoholos jód-higany(II)-klorid-oldatban)

$-\text{CH}=\text{CH}- + \text{ICl} \rightarrow -\text{CHI}-\text{CHCl}-$ (a telítetlen zsír és a jód-klór reakciója)

$\text{ICl} + \text{KI} = \text{I}_2 + \text{KCl}$ (a KI adagolásakor)

$\text{I}_2 + 2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2 \text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ (a titrálás folyamán)

Tehát a higany(II)-klorid lényegében katalizálja az addíciós reakciót.

a) *Miért kell óvni a napfénytől a jódozás alatt az elegyet?*

b) *Írd fel a vörös csapadék keletkezésének és feloldódásának egyenletét!*

Egy laborban táplálékkiegészítőhöz való EPA-DHA keveréket vizsgálnak, és a fenti módszer szerint a keverék bizonyos tömegére 25,3 cm³ nátrium-tioszulfát-oldat fogyott.

c) *Mekkora tömegű tiszta EPA-nak, illetve mekkora tömegű tiszta DHA-nak felel meg ez a fogyás?*

(Borbás Réka)

K458*. Egy kristályvizes fém-acetátban a koordinálódott vízmolekulákat ammóniamolekulákra és metil-alkohol-molekulákra is ki lehet cserélni. Az említett vegyületek tömegszázalékos hidrogén- és oxigéntartalma a számértékek növekvő sorrendjében (de nem feltétlenül az említés sorrendjében): 4,287; 4,849; 4,987; 34,21; 39,58; 42,53.

Határozd meg a kérdéses vegyületek képletét!

(Zagyi Péter)

K459*. 400 cm³ 1,10 g/cm³ sűrűségű, 1,50 mol/dm³ koncentrációjú NaCl-oldatot elektrolizáltunk rézelektrodokkal ellátott készülékben. Az elektrolízist akkor fejeztük be, amikor a katódon 49,0 dm³ standard légköri nyomású, 25 °C-os gáz fejlődött.

a) *Milyen elektródfolyamatok és milyen kémiai változás játszódott le az összekevert oldatban? Írd fel az egyenleteket!*

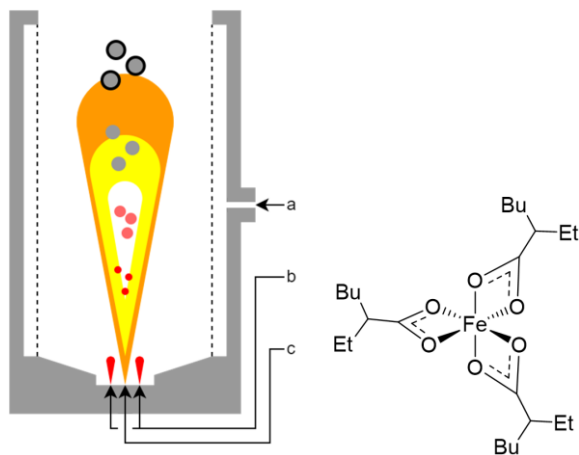
b) *Mennyi lett az oldat tömegszázalékos nátrium-klorid-tartalma az elektrolízis befejeződése után?*

(Forgács József)

H386. A mágneses nanorészecskék, az úgynevezett „nanomágnesek” egyedülálló anyagok. Előállításuk redukív lángban történő pirolízissel történhet. Ilyenkor héjként grafitszerű szén rakódhat le a mágneses magra. A szénbevonathoz katalizátorok vagy gyógyszerek

kapcsolhatóak. Az ilyen funkcionalizált nanomágnesek könnyű elválaszthatóságuk miatt nagyon hasznosak lehetnek.

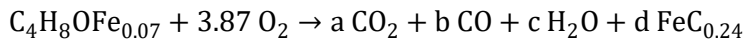
Vas/vas-karbid pirolízises előállításához $\text{Fe}(2\text{-EHA})_3$ (2-EHA = 2-etilhexanoát) prekuzort használnak. A prekuzoroldatot egy fúvókából oxigénnel diszpergálják. A permetet sztöchiometrikusan előkevert metánból és oxigénből álló másodlagos lángban égetik el. A redukáló körülmények érdekében az égés nitrogén atmoszférában történik. Az ábra mutatja az eljárást.



Az ábrán mutatott betáplálások: a: N_2 . b: $\text{CH}_4 + \text{O}_2$. c: 2,7 g/min $\text{Fe}(2\text{-EHA})_3 + 1,8$ g/min THF + O_2 .

a) Írd fel a prekuzor és a THF égésének egyenletét (CO_2 , H_2O és Fe a termékek)! Hány liter/perc oxigénre van szükség a sztöchiometrikus égéshez?

A valóságban kevesebb oxigént használnak, hogy a láng redukáló legyen, mégpedig úgy, hogy a következő egyenlet írja le formálisan az anyagmennyiség-viszonyokat.



b) Számítsd ki az égéstermékben várható a/b arányt!

A vas-karbid biner vegyületben a szén tömegszázalékos aránya 6,67%. Ha egy részecske kevesebb szenet tartalmaz, akkor abban vas és vas-karbid, ha többet, akkor vas-karbid és szén lesz található.

c) A fenti sztöchiometria esetén miből állnak a részecskék?

Nanomágneseket a fenti áramlási sebességek mellett még acetilént is betáplálva állítottak elő, és a kapott anyagban átlagosan a széntartalom 9,4% tömegszázalék, és a részecskék sugara 30 nm. A vas-karbid és a grafit sűrűsége $7,69 \text{ g/cm}^3$ és $2,26 \text{ g/cm}^3$. A grafitban a rétegek közti átlagos távolság 0,335 nm.

d) *Mekkora a kapott nanorészecskék átlagos térfogata (nm^3 -ban)? Milyen vastag és hány grafitréteget tartalmaz a részecskét borító szénhéj?*

(svájci feladat)

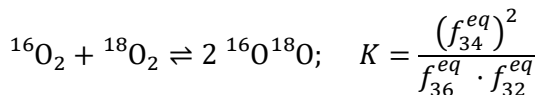
H387. Hevesy György 1943-ban az izotópos nyomkövetés módszerein végzett munkájáért kapott Nobel-díjat. Napjainkban az izotópcsere-reakciókat széles körben használják a reakciómechanizmusok vizsgálatára. Az ilyen izotópcsere-reakciókban az izotópeloszlás végül egyensúlyba kerül („móltörttekkel” kifejezve), mivel az eltérő izotóptartalmú atomok vagy csoportok kicserélődhetnek.

Az izotópcsere-reakciókra példa lehet a $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ izotópcsere a molekuláris oxigénben. Azokat az oxigénmolekulákat, amelyek csak az izotópszisztémájukban különböznek, izotopológoknak nevezzük. Egy ^{18}O és ^{16}O izotópot tartalmazó rendszerben három izotopológ molekula van: $^{16}\text{O}_2$, $^{18}\text{O}_2$ és $^{16}\text{O}^{18}\text{O}$.

A különböző O_2 izotopológokat tartalmazó rendszer izotópos összetétele (nem csak egyensúlyban) az izotópok móltörtjeivel írható le: f_{32} , f_{34} és f_{36} . Ezek a $^{16}\text{O}_2$, $^{16}\text{O}^{18}\text{O}$ és $^{18}\text{O}_2$ móltörtjei. Az összegük pontosan egy, ezért két független paraméter elegendő az izotópposztétel teljes leírásához. Az egyik jellemzően a $^{16}\text{O}^{18}\text{O}$ izotopológ móltörtje, a másik pedig α - a rendszerben lévő ^{18}O atomok móltörtje az O atomokon belül.

a) *Fejezd ki α -t az izotopológ molekulák móltörtjeivel! Fejezd ki f_{32} -t és f_{36} -t az f_{34} és α segítségével!*

A gázfázisban lejátszódó izotópcsere leírható az alábbi reakcióval:



Egy rendszer entrópiája, S , arányos a rendszer lehetséges mikroszkopikus állapotai számának (W) természetes logaritmusával: $S = k_b \cdot \ln W$

A fenti reakcióban a mikroszkopikus állapotok száma 1 a $^{16}\text{O}_2$ és $^{18}\text{O}_2$ izotopológok esetében. A $^{16}\text{O}^{18}\text{O}$ esetében viszont a $W = 2$, mert az oxigénatomok megkülönböztethetők a molekulában. A fenti reakció standard entrópiaváltozása tehát:

$$\begin{aligned}\Delta_r S^0 &= 2 \cdot k_b \cdot \ln 2 - k_b \cdot \ln 1 - k_b \cdot \ln 1 \\ &= 1,87 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \quad (11,3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})\end{aligned}$$

Általánosságban W az alábbi módon számítható egy olyan kétféle izotópból felépülő n atomos izotopológra, amiben m darab van az egyik izotópból:

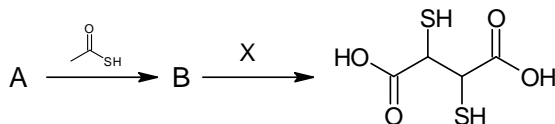
$$W = C_m^n = \frac{n!}{m!(n-m)!}$$

- b) Számítsd ki a fenti izotópcseré reakció standard szabadentalpiaváltozását 298 K-en ($\Delta_r G^0_{298}$) és a termodinamikai egyensúlyi állandóját. Hogyan függ a hőmérséklettől az egyensúlyi állandó?
- c) A kezdetben 0,5 mol $^{16}\text{O}_2$ -t és 0,5 mol $^{18}\text{O}_2$ -t tartalmazó zárt rendszerre számítsd ki az összes izotopológ egyensúlyi móltörtjét és az α -t!

(svájci feladat)

H388. A 2,3-dimerkaptoborostyánkősav (DMSA) fémmérgezők, például ólom (Pb), higany (Hg) és arzén (As) ellen használt gyógyszer, képlete az alábbi sémán is látható. Hatásmechanizmusa a kelátképzésen alapul, amelynek során a kelátképző gyógyszer erősen megköti a fémiot, vízben oldódó 1:1 arányú komplexet képezve, amely aztán a vizelettel ürül ki.

A dikarboxil-acetilént (A) tioecetsavval reagáltatva a B vegyületet kapjuk, amiből előállítható a termék DMSA.



- a) Rajzold fel a betűvel jelölt anyagokat! Rajzold fel és nevezd el a termék sztereoisomereit! Vannak köztük enantiomerek? A gyógyszer oldata a polarizált fény síkját nem forgatja el. Melyik sztereoisomert forgalmazzák tehát?

A DMSA négyértékű sav. A savi disszociációs állandók pK értékei: 2,71, 3,48, 9,65, 12,05.

b) *Becsüld meg a 0,1 M DMSA-oldat pH-ját 0,1 pH egység pontossággal! Hogyan lehetne a kapott eredményen pontosítani?*

Egy személynél Pb-mérgezést diagnosztizáltak, miután a vizsgálat 85 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ólomszintet mutatott ki a vérében. A beteget intravénásan beadott DMSA-val kezelték, és az adott dózis 5 mg/testsúlykg-nak felelt meg. Tegyük fel, hogy a beteg átlagos: testtömege 75 kg és a vértérfogata 5 liter.

c) *A befecskendezés után a szabad DMSA egyensúlyi koncentrációja 99,5%-a lesz a beadott mennyiségnek. Mennyi lesz a DMSA-val nem komplexált ólom koncentrációja ekkor?*

A DMSA-komplex Cd^{2+} -val, egy másik, a ligandum által megkötött mérgező fémionnal való kölcsönhatásának vizsgálatára a következő kísérletet végeztük el:

0,1 mmol DMSA-Pb-hez 1 l semleges vízben 0,05 mmol Cd(II) sót adtunk. Feltételezzük, hogy a térfogat nem változott, és nem történt sav-bázis reakció.

A DMSA-Pb komplex stabilitási állandója $K_1 = 10^{17,6}$ 1/M a DMSA-Cd-ra $K_2 = 10^{16,5}$ 1/M.

d) *Mi lesz az oldatban a négy speciesz egyensúlyi koncentrációja?*

(svájci feladat)

H389. A matematikai linearizálás hasznos a nagy adathalmazok elemzése során, mivel a lineáris grafikonok csak két pont egyedi meghatározását igénylik. Linearizálással egyszerű összefüggések találhatóak még bonyolult egyenletekhez is.

A) Gáztörvény

a) *Keress egy linearizált összefüggést az ideális gáztörvényre állandó hőmérsékleten a nyomás (p) és a térfogat (V) függvényekből álló változókat használva! Add meg az egyenes meredekségét és az x - és y -tengelyekkel való metszéspontját! A grafikon milyen irányba tolódik el, amikor a hőmérséklet emelkedik?*

b) *Magyarázd meg, hogy miért figyelhető meg kísérletileg a lineáris grafikontól való eltérés nagy nyomáson!*

B) Egyensúlyi állandó

c) *Mutasd meg, hogy milyen tengelyeket kell használnunk ahhoz, hogy az egyensúlyi állandó és a hőmérséklet összefüggése lineáris legyen!*

d) *Mutasd meg, hogy milyen tengelyeket kell használnunk ahhoz, hogy az egyensúlyi állandó és a nyomás összefüggése lineáris legyen! Mi lesz az egyenes meredeksége ilyenkor?*

C) Egy érdekes függvény: $y = \frac{ax}{b+x}$

Háromféleképp is lehet linearizálni ezt a függvényt. A táblázat mutatja az egyes módszerek jellemzőit.

	Linearizált forma	Meredekség	x-metszet	y-metszet
1		$1/a$		
2			$-1/b$	
3				a

e) *Töltsd ki a táblázat üres helyeit!*

(svájci feladat)

H390. Az illékony anyagok összetételének vizsgálatára gyakran használják a gázkromatográfia módszerét. A keveréket egy hosszú, vékony és forró üvegcsőbe, az úgynevezett oszlopba fecskendezik be. Az oszlop belsejét egy nem illékony, de az gáz összetevőit megkötni képes anyag (pl. egy gyanta vagy olaj) borítja. Az oszlopon egy gázt, az ún. vivőgázt áramoltatják át, ami a mintával befecskendezett levegőt és vegyületeket végighajtja az oszlopon. A végighaladás során az egyes anyagok elkülönülnek egymástól. Minél illékonyabb egy vegyület, annál gyorsabban jut át az oszlopon. Az oszlop végén a kiáramló anyag mennyiségét rögzítik, aminek az eredménye az ún. kromatogram. A levegő észlelése (a holtidő) és egy vegyület távozása közt eltelt időt a vegyület retenciós idejének hívják.

Kováts Ervin, aki a zürichi ETH professzora volt 1955 és 1967 között, megfigyelte, hogy állandó hőmérsékleten a normál alkánok homológ sorának vegyületei egymást úgy követik, hogy a retenciós ideik mértani sort képeznek. A sorozat f szorzótényezője 1,6 (pl. 20,0 s, 32,0 s, 51,2 s,

81,9 s, 131,1 s, ...). Egy bizonyos oszlopon és hőmérsékleten az n -hexán retenciós ideje $t_6 = 100$ s.

a) Számítsd ki a homológ sor további tagjainak retenciós idejét a $C_{10}H_{22}$ -ig! Keresd egy olyan lineáris összefüggést, amivel a retenciós idő (t_n) megkapható a szénatomszámból (n)! Hogy kapható meg t_n -ből t_{n+1} ?

Ha egy több egymást követő n -alkánt és egy ismeretlen X anyagot tartalmazó keveréket az előbbiekkal azonos körülmények között injektálunk, akkor az X komponens két egymást követő n -alkán között a t_x időpontban hagyja el az oszlopot: $t_n < t_x < t_{n+1}$. Ezekre az esetekre Kováts az X komponens R_x retenciós indexét a következő kifejezéssel definiálta:

$$R_x = 100n + 100 \frac{\log(t_x/t_n)}{\log(t_{n+1}/t_n)}$$

Ezzel a meghatározással az n -alkánok retenciós indexe $100n$. A kísérletek azt mutatják, hogy ugyanazok a megfontolások homológ vegyületek bármely sorozatára alkalmazhatók. Tehát a normál alkoholok, vagy az n -aldehidek stb. minden egymást követő retenciós indexe százszal különbözik:

$$R_{x,n+1} = R_{x,n} + 100$$

b) X egy n -alkohol, amelynek retenciós ideje $t_x = 200$ s a fenti kísérleti körülmények között. Számítsd ki R_x retenciós indexét!

A Kováts-indexeket olyan kísérletből is meg lehet kapni, amelyben az oszlop hőmérséklete programozottan változik. Ha a csövet állandó sebességgel (néhány °C/perc) melegítjük, akkor az n -alkánok a szénatomok számával (n) arányos idő alatt távoznak.

Ilyenkor az R'_x retenciós indexek egy másik Kováts-formulával számíthatók ki:

$$R'_x = 100n + 100 \frac{t'_x - t'_n}{t'_{n+1} - t'_n}$$

Itt t'_n az X előtt távozó, n db szénatomot tartalmazó normál alkán retenciós ideje.

Az izotermikus módszerrel és a hőmérséklet-programozásos méréssel kapott indexeket azonosnak tekintjük. Mint ilyenek, a Kováts-indexek a rendszertől függetlennek és a moláris tömegekhez vagy a normál

nyomáson mért forráspontokhoz hasonlóan alapvetően az anyagot jellemző tulajdonságnak tekinthetők.

Egy adott fűtési sebesség mellett ha az n -hexán retenciós ideje $t = 160$ s, akkor az n -heptán esetében 180 s, az n -oktán esetében 200 s, az n -nonán esetében 220 s és az n -dekán esetében 240 s lesz a retenciós idő.

c) Számítsd ki a b) pontban szereplő X n -alkohol várható retenciós idejét ennél a fűtési sebességnél!

Kísérletei alapján Kováts professzor a következő szabályokat tudta felállítani:

- Az n szénatomos normál alkoholok retenciós indexe 280-zal nagyobb, mint a megfelelő n -alkáné. Például az etanol R' értéke 480-nak felel meg.
- Az etil- n -karboxilátok retenciós indexe 179-cel nagyobb, mint a megfelelő n -alkáné (az észterek összes szénatomját számolva). Például az etil-sztearát ($C_{17}H_{35}CO_2C_2H_5$) retenciós indexe 2179.
- Két egymást követő szénatom közötti kettős kötés bevezetése körülbelül 30 %-kal csökkenti a retenciós indexeket.

Egy növényi olajat elemeztek zsírsavtartalmának meghatározására. Mivel a zsírsavak természetesen előforduló trigliceridjei (a glicerin ($C_3H_8O_3$) és a zsírsavak triészterei) nem alkalmasak gázkromatográfiára, először át kell alakítani őket illékony észterekké. Az olajat minimális mennyiségű NaOH-val etanolban történő hevítéssel átészterezték.

Miután a kapott keverékhez 5 db $n = 18-22$ szénatomos alkánt adtak, azt gázkromatográfiásan elemezték egy állandó (de nem a c kérdésben használt) fűtési sebességet használó hőmérséklet-programmal. Az analízis eredménye a következő retenciós időknél adott csúcsokat:

16,43; 17,38; 18,13; 18,33; 19,28; 19,75; 19,99; 20,23 perc

d) Azonosítsd a keverékben lévő összes anyagot, és rendeld őket az észlelt csúcsokhoz! A glicerin ebben a mérésben nem mutatható ki.

(svájci feladat)

Megoldások

K436. Az **A** vegyület általános képlete (az atomok arányára megadott információ alapján) legyen Me_3X_2 , ahol **Me** a d-mezőbeli fém, **X** pedig a nemfémes elem. A vegyület direktszintézise így az alábbi egyenlettel írható le:

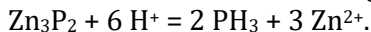
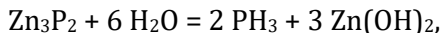


(Itt persze figyelmen kívül hagyjuk, hogy a nemfémes elem esetleg molekularácsos, de ez a tömegarányokat nem befolyásolja. Gondoljunk arra, hogy az elemi ként is mindig csak S -ként, nem S_8 -ként jelöljük egyenletekben!) A három eltérő beméréssel történt szintézist megvizsgálva észrevehetjük, hogy a nemfém változatlan mennyisége mellett a fém tömegét 100,0 g-ról 250,0 g-ra növelve a képződő vegyület tömege is éppen 2,5-szeresére nő. Ez azt jelenti, hogy ebben a két esetben a fém a reakció sztöchiometriájának a meghatározója, a nemfémet pedig feleslegben alkalmaztuk. Ezzel szemben, ha már 400,0 g fémet vinnénk reakcióba, akkor nem képződik négyszer annyi termék, mint 100,0 g esetén. Ez csak akkor lehetséges, ha ilyen arányoknál már a fém van feleslegben, és a nemfém reagál el maradéktalanul. Ezek szerint például az 1. és a 3. esettel számolva elmondhatjuk a tömegmegmaradás elve következtében, hogy 100,0 g fém 31,6 g nemfémmel, 100,0 g nemfém pedig 316,7 g fémmel egyesül sztöchiometrikusan. $M(\text{Me})$ legyen a fém, $M(\text{X})$ pedig a nemfém moláris tömege! A fenti általános reakcióegyenletet alapul véve felírható az alábbi kétismeretlenes egyenletrendszer:

$$(1) \frac{100,0}{3M(\text{Me})} = \frac{31,6}{2M(\text{X})},$$

$$(2) \frac{316,7}{3M(\text{Me})} = \frac{100,0}{2M(\text{X})}.$$

Az egyenletrendszert megoldva: $M(\text{Me}) = 65,38 \text{ g/mol}$, $M(\text{X}) = 30,97 \text{ g/mol}$. A fém a cink, a nemfém a foszfor, az **A** vegyület képlete tehát Zn_3P_2 . Ezt az anyagot ízeltlábúak és rágcsálók irtására használják például a mezőgazdaságban. Hidrolízisével fokhagymaszagú foszfin-gáz szabadul fel, amely csalogatja a kártevőt, egyúttal viszont igen hatásos méreg. Az emésztőrendszer savas közegében még intenzívebb a foszfin felszabadulása. A folyamatok egyenlete (melyek közül elegendő volt az egyiket felírni a megoldásban):



A **B** vegyület képletének meghatározása innentől nem nehéz feladat, hiszen a megadott adatok alapján az adott tömegű mintában $N(\text{Zn}):N(\text{P}) = 5,837 \cdot 10^{22} : (1,163 \cdot 10^{23}) = 1:2$. A vegyület képlete: **ZnP₂**.

A feladatra érkezett megoldások közül Csernyák Miláné, Muraközi Péteré, Takács-Benyhe Bertalané és Viczkó Csaba Péteré volt hibátlan.

(Varga Bence)

K437. a) Az **X** sav a tömény salétromsav, az ötvözet ezüsttartalma reagál vele az $\text{Ag} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ reakcióegyenlet szerint, a fejlődő vörösbarna színű gáz a nitrogén-dioxid.

b) Az oldás során kapott ezüstionok reagálnak a konyhasó kloridionjával, a keletkező fehér csapadék az ezüst-klorid:



c) A forró szelénsav az ékszer maradékát, az aranyat oldja, a $6 \text{H}_2\text{SeO}_4 + 2 \text{Au} \rightarrow \text{Au}_2(\text{SeO}_4)_3 + 3 \text{H}_2\text{SeO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ egyenlet szerint.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,8 pont, hibátlan megoldást 15 tanuló küldött be. A leggyakoribb hiba a sztöchiometriai együtthatók hiánya volt a savas oldások egyenleteiben.

(Vörös Tamás)

K438. a) A termék 100 g-ját vizsgálva abban 10,40 g bór, 34,68 g szén, 46,19 g oxigén és $(100 - 10,40 - 34,68 - 46,19) \text{ g} = 8,73 \text{ g}$ hidrogén található. Ezen alkotók anyagmennyisége: 0,962 mol bór, 2,89 mol szén, 2,89 mol oxigén és 8,66 mol hidrogén. Ez alapján a keresett termékben az alkotók anyagmennyiség aránya 1:3:3:9, azaz a tapasztalati képlet $\text{BC}_3\text{O}_3\text{H}_9$. Ez egyben megfelel a molekulaképletnek is, hiszen a termék a bórsav metil-alkohollal alkotott észtere, képlete $\text{B}(\text{OCH}_3)_3$. A kísérletben oldószerként és reakciópartnerként alkalmazott folyadék a metil-alkohol (CH_3OH) volt, melynek sűrűsége valóban a feladat szövegében szereplő érték ($0,792 \text{ g/cm}^3$) és belőle bórsavval – tömény kénsav

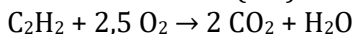
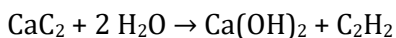
katalizálta reakcióban – vízkilépés közben keletkezik a fenti észter ($3 \text{ CH}_3\text{OH} + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{B}(\text{OCH}_3)_3 + 3 \text{ H}_2\text{O}$).

b) Az égés egyenlete: $2 \text{ B}(\text{OCH}_3)_3 + 9 \text{ O}_2 \rightarrow 6 \text{ CO}_2 + 9 \text{ H}_2\text{O} + \text{B}_2\text{O}_3$

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 8,1 pont, hibátlan megoldást 9 tanuló küldött be. A feladat a) része szerint meg kellett adni az oldószerként és reakciópartnerként is szereplő folyadék képletét, több megoldó csak a metanol nevét adta meg. További gyakori hiba volt, hogy a b) feladatrész egyenletében a bór-trioxid képlete helytelenül szerepelt.

(Vörös Tamás)

K439. a) A tök belsejében lezajló reakciók egyenletei:



b) Feltételezhető, hogy a tök kb. $1,5 \text{ dm}^3$ térfogatú belső terében kiinduláskor $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -os, $101,3 \text{ kPa}$ nyomású levegő van. Ennek anyagmennyisége $1,5 \text{ dm}^3 / 24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} = 0,0612 \text{ mol}$. A kiindulási levegő 21%-a, azaz $0,0129 \text{ mol O}_2$ és 79%-a, vagyis $0,0484 \text{ mol N}_2$. Az ötszörös túlnyomás miatt a megengedhető maximális nyomás a tök belsejében $(5+1) \cdot 101,3 \text{ kPa} = 607,8 \text{ kPa}$. A hőmérséklet értéke 673 K , a $pV=nRT$ összefüggés alapján a megengedhető legnagyobb anyagmennyiség $0,163 \text{ mol}$. Tételezzük fel, hogy az előállított $x \text{ mol}$ anyagmennyiségű acetilén teljesen elég! Ehhez az égés egyenlete alapján $2,5x \text{ mol O}_2$ szükséges és $2x \text{ mol CO}_2$ mellett $x \text{ mol}$ vízgőz keletkezik. A megmaradó O_2 anyagmennyisége $(0,0129 - 2,5x) \text{ mol}$, a $0,0484 \text{ mol N}_2$ változatlanul jelen van. Amennyiben a termékelegy nyomása eléri az ötszörös túlnyomást, az elegy anyagmennyiségére felírható:

$$2x + x + (0,0129 - 2,5x) + 0,0484 = 0,163$$

Ebből x értéke $0,203 \text{ mol}$, vagyis ennyi acetilén elégetése szükséges a kritikus nyomás eléréséhez. Vegyük azonban észre, hogy nem áll rendelkezésre ekkora mennyiségű C_2H_2 égéséhez szükséges oxigén, azaz nem fog elégni az összes előállított acetilén!

Elfogy tehát a kiindulási $0,0129 \text{ mol O}_2$, ez $0,00516 \text{ mol C}_2\text{H}_2$ égéséhez elegendő és $0,0155 \text{ mol CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ elegy képződik belőle. Emellett a gáz-elegyben benne lesz a $0,0484 \text{ mol N}_2$ és az el nem fogyott $y \text{ mol}$ acetilén.

Ötszörös túlnyomás esetén felírható a gázelegy össz-anyagmennyiségére a $0,0155 + 0,0484 + y = 0,163$ összefüggés, melyből $y = 0,0991$ mol, azaz ekkora mennyiségű acetilén nem égett el. Az összes kiindulási C_2H_2 ($0,00516 + 0,0991$) mol = $0,104$ mol volt, azaz $0,104$ mol kalcium-karbidot mert bemérni Vendel, ennek tömege $6,67$ gramm. (Könnyen ellenőrizhető, hogy ilyen mennyiség esetén a kalcium-karbid és víz reakciójában a víz van feleslegben, tehát elegendő kiindulási anyag áll rendelkezésre a reakcióhoz.)

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 3,2 pont, a legjobb megoldást (8 pont) Viczkó Csaba Péter küldte be. A megoldók egy része a tők belsejében ötszörös túlnyomást okozó gázelegyet CO_2-H_2O elegynek, több megoldó tiszta C_2H_2 -nek vette, nem számolva sem az eredetileg a tőkben lévő levegővel, sem azzal, hogy a kiindulási O_2 mennyisége csak kevés acetilén égéséhez elegendő (az oxigén a kifaragott darabok kirepülését követően tud csak pótlódni). Emellett gyakori hiba volt a helytelen/hiányzó sztöchiometriai együttható az a) feladatrészben. Az ötszörös túlnyomást sok megoldó a légköri nyomás ötszörösének vette, ezért nem járt pontlevonás.

(Vörös Tamás)

K440. a) Tekintsünk 100 g $C_3H_8O_2-H_2O$ keveréket, benne x g propándiolt. A $46,8$ g oxigén a két vegyületből jön össze:

$$46,8 = x \frac{2M(O)}{M(C_3H_8O_2)} + (100 - x) \frac{M(O)}{M(H_2O)}$$

Az egyenlet megoldása $x = 89,9$ g, azaz a keverék ennyi tömegszázalék propándiolt tartalmazott.

b) Az 1 mikrométer sugarú, gömb alakú cseppek térfogata és felülete:

$$V = \frac{4}{3}r^3\pi = 4,19 \cdot 10^{-18}m^3 \quad A = 4r^2\pi = 1,26 \cdot 10^{-11}m^2$$

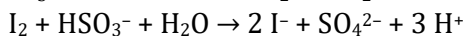
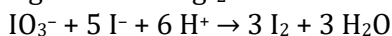
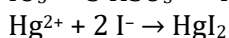
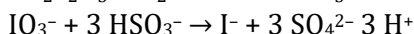
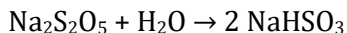
A folyadék sűrűségét 10^6 g/m³-nek véve a fajlagos felület 3 m²/g.

c) A percnként betáplált kb. 2 g ködképző folyadék tömege elhanyagolható az átáramló 24 m³ levegő tömege mellett, hisz ez ezer mólnyi gázt, nagyságrendileg 30 kg tömeget jelent. Tehát a köd sűrűsége hozzávetőleg megegyezik a levegő sűrűségével.

A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 6,9 pont volt. A legtöbb tévedést a mértékegység-átváltások okozták a b) részben. A c) feladatnál a folyadék tömegétől senki nem tekintett el, de elfogadtuk a kiszámított, a levegő sűrűségét reprodukáló eredményeket is.

(Magyarfalvi Gábor)

K441. a) A lejátszódó reakciók egyenletei:



b) A reakció kezdeti lépése, a jodátionok redukciója jodidionokká lassú reakció, el kell telnie az összeöntés után néhány másodpercnek ahhoz, hogy a rendszer jodidion koncentrációja elérje azt az oldhatósági szorzatnak megfelelő értéket, ahol meg tud indulni a csapadékkiválás.

c) A fekete színt a jodátionok és jodidionok reakciójában keletkező jódkeményítővel alkotott komplexe adja. Addig, amíg nem lesz teljes a HgI_2 csapadék leválása, azaz nem fogynak el a Hg^{2+} -ionok, addig a rendszer jodidion koncentrációja alacsony, nem tud megindulni a jódképződés, így a sötét színű komplex sem alakul ki.

d) Ha a HgCl_2 -oldat arányát csökkentették volna, akkor a kisebb higany(II)-ion koncentráció miatt később indult volna meg a narancssárga csapadék leválása, mivel több időnek kellett volna eltelnie összeöntés után, hogy az eredetihez képest nagyobb jodidion koncentráció kialakuljon és az ionkoncentrációk szorzata elérje az oldhatósági szorzat értékét. Emellett a narancssárga színt rövidebb ideig látták volna és hamarabb megjelent volna a fekete szín, hiszen a kisebb mennyiségű higany(II)-ionok hamarabb elfogytak volna.

e) A sötét szín nem jelent volna meg abban az esetben, ha nem tettek volna a kiindulási oldatba keményítőt, illetve akkor sem, ha a nátrium-metabiszulfidot nagy feleslegben alkalmazták volna, mivel az visszaredukálta volna az oldat jódtartalmát jodidionokká. A jódképződés és a sötét szín megjelenését az is megakadályozhatja, ha a higany(II)-

klorid oldat arányát növeljük és a rendszerben lévő teljes jodidion mennyisége csapadékként kiválik.

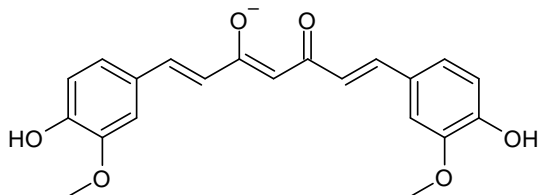
A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,3 pont, a legjobb megoldást Szabó Márton küldte be. Egy-egy rosszul felírt egyenlet mellett a legtöbb pontlevonás a b)-e) kérdésekre adott hiányos válaszok miatt volt. Több megoldó végzett számításokat az e) kérdés megválaszolásához, azonban enélkül is megszerezhető volt az erre a feladatrészre járó pontszám.

(Vörös Tamás)

K442. A kurkumin molekulája aromás gyűrűket és hosszabb alifás láncot is tartalmaz, így vízben rosszul oldódik. Lúgos közegben protonleadással ion képződik belőle, mely sokkal jobban oldódik vízben. Az oldhatóságot amfipatikus molekulák is képesek növelni. Ennek oka, hogy a vegyületek molekulái körbeveszik a kismértékben poláris kurkumin molekuláit, oly módon, hogy a hidrofób részük van a molekulához közelebb és a hidrofil részük van távolabb, így egy vízben jobban oldódó molekula-asszociátum jön létre.

A kurkumin deprotonálásához megfelelően erős bázis kell. Ilyen célra alkalmas lehet a mosósóda (szilárd Na_2CO_3), a trisó (szilárd Na_3PO_4) a szalmiákszesz (NH_3 -oldat) és a lefolyótisztító (szilárd NaOH) is. Az elhalványodás oka az oldat pH-jának csökkenése. Ez például a levegő szén-dioxidjának megkötődésével jöhet létre.

A kurkuminből az alábbi anion képződik lúgos közegben:



Megfelelő sárga színű anyag lehet a vas(III)-klorid, mely kálium-tiocianáttal vérvörös színreakciót ad. Hasonló színváltozást jól megválasztott sav-bázis indikátorok, savak és lúgok alkalmazásával is el lehet érni.

A pontszámok átlaga 7,81 lett. Hibátlan, vagy közel hibátlan megoldást küldött be Csernyák Milán, Muraközi Péter, Nagy Dániel, Tóth Petra Lili és Viczkó Csaba Péter.

(Ficsór István Dávid)

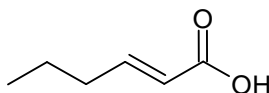
K443. a) A kénsavas gázmosó tömege az égés során keletkezett víz tömegével nőtt. Az 1,837 g H_2O anyagmennyisége 0,102 mol, benne 0,204 mol, azaz 0,204 g H atom található. A második gázmosóban lévő KOH-oldat az 5,388 g CO_2 -ot kötötte meg ($2 \text{ KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$), melynek anyagmennyisége 0,122 mol. Az ebben lévő 0,122 mol C atom tömege 1,469 g. A kiindulási 2,00 g vegyület tömegéből levonva a H és C atomok tömegét ($2,00 - 0,204 - 1,469$) g = 0,327 g adódik, amely megfelel a kiindulási vegyületben lévő O atomok tömegének. Ekkora tömegű O atom anyagmennyisége 0,0204 mol. Az eddigiek alapján a vizsgált vegyület 2,00 g-ja 0,204 mol H és 0,122 mol C atom mellett 0,0204 mol O atomot tartalmaz. Ez alapján a tapasztalati képlete $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$, amely a feladat további adatai szerint megfelel az összegképletnek is.

b) Az égés egyenlete: $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O} + 8 \text{ O}_2 \rightarrow 6 \text{ CO}_2 + 5 \text{ H}_2\text{O}$. A 2,00 g kiindulási vegyület anyagmennyisége 0,0204 mol, a tökéletes égéséhez ennek nyolcszorosa, azaz 0,163 mol O_2 szükséges. A 2,00 molnyi, 21,0% oxigént tartalmazó levegőben 0,420 mol O_2 van, ebből fogy el 0,163 mol, azaz a felesleg $0,420 \text{ mol} - 0,163 \text{ mol} = 0,257 \text{ mol}$. A százalékos felesleg: $0,257/0,163 \cdot 100\% = 158\%$.

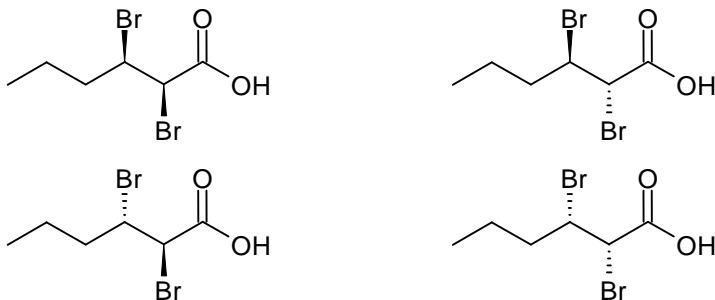
c) A vegyület adja az ezüsttükörpróbát, tehát egy nyílt, elágazásmentes szénláncú aldehid. Tekintettel arra, hogy konjugált kettős kötések tartalmaz, a vegyület a hex-2-énal, melynek két tényszerű izomere (cisz, illetve transz) van:



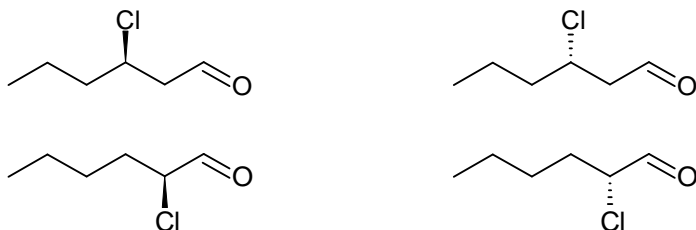
Az ezüsttükörpróba során hex-2-énsav keletkezik (az egyszerűség kedvéért csak a transz izomeren ábrázolva):



Brómmal való reakciója során telítődik a kettős kötés és oxidálódik a formilcsoport karboxilcsoporttá. Az így keletkező 2,3-dibrómhexánsavnak két kiralitáscentruma, azaz összesen négy izomerje van:



A HCl-dal való addíciós reakcióban 2-klórhexanal, illetve 3-klórhexanal képződik. Mindkét termék tartalmaz egy-egy kiralitáscentrumot, azaz mindkettőnek két ténizomerje van:

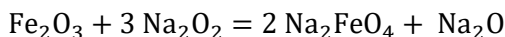


A feladatra érkezett megoldások pontszámainak átlaga 7,3 pont, hibátlan, szép megoldást küldött be Burkódi Mikes, Kozma Szemere és Szabó Márton. Több megoldó feltételezte, hogy a kiindulási vegyületben a 6 mol C és 10 mol H atom mellett 1 mol O atom van, de nem ellenőrizte a feladat adatai alapján ennek helyességét. Gyakori hiba volt, hogy az oxigénfelesleget a megoldók az összes hozzáadott és az égéshez szükséges gázmenyiség hányadosaként adták meg, nem pedig a felesleg és a felhasznált oxigén mennyiségét osztották el egymással. A c) feladatrészben sokan helytelenül adták meg a brómozás termékeit, nem figyelve arra, hogy a vegyület nem 1:1, hanem 1:2 arányban reagál brómmal, így a kettős kötés telítése mellett kell lejátsszódnia további reakciónak is.

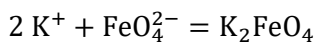
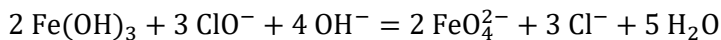
(Vörös Tamás)

H376. A feladat szövege alapján sejthető, hogy egy vastartalmú vegyületről lehet szó, hiszen mindegyik reakcióban szerepel egy ilyen anyag. Az is megfigyelhető, hogy a lila anyag oxidáló környezetben keletkezik. Mivel két reakcióban is +3-as az oxidációs száma a vasnak az oxidálószerrel reagáló vegyületben, ezért elképzelhető, hogy a vasnak egy ennél magasabb oxidációs számú vegyülete keletkezik. Az ilyen vegyületek száma nem nagy, így egy kis keresés után rá lehet jönni, hogy a feladat a ferrátionról (FeO_4^{2-}), illetve annak vegyületeiről szól.

A szilárd fázisú reakcióban a nátrium-peroxid az oxidálószer, így feltételezhető, hogy a ferrátion, valamint a peroxidionból keletkező oxidion nátriummal alkotott vegyülete lesz a két termék. Ez alapján a keresett reakcióegyenlet:

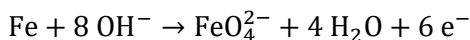


Az oldatban véghez vitt előállítás első lépésében egy lúgos közegű oxidáció megy végbe, majd a kálium-hidroxid-oldat hozzáadásakor keletkezik a csapadék. Ez alapján a keletkező csapadék a kálium-ferrát. A lejátszódó reakciók egyenletei pedig az alábbiak:



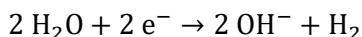
Az elektrolízisen alapuló eljárás során is kálium-ferrát keletkezik.

Az anódon lejátszódó folyamatok:

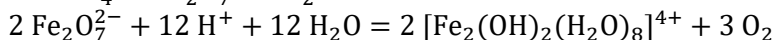
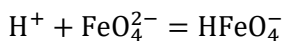


Ezenfelül az oldatban történő előállítás során végbemenő csapadékképződési reakció itt is lejátszódhat.

A katódon lejátszódó folyamat:



A feladat utolsó bekezdésében szereplő reakciókat az alábbi reakcióegyenletek írják le:

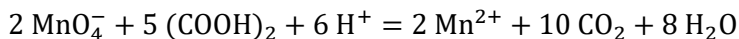


A beküldött dolgozatokra kapott pontok átlaga 7,74 lett. A legnagyobb nehézséget a c) kérdés megválaszolása jelentette. Hibátlan, vagy közel hibátlan megoldást küldött be Éger Viktória, Kozma Szemere, Viczián Dániel és Viczkó Csaba Péter.

(Ficsór István Dávid)

H377. Mivel a feladatban mind a három mérés esetén ugyanazt a mennyiséget többször is ki kell számolni, ezért érdemes olyan összefüggéseket előkészíteni, melyek segítségével könnyedén meg tudjuk határozni a kiindulási oldat oldott anyag tartalmát.

A titráláson alapuló mérés során az alábbi reakcióegyenlettel leírt reakció játszódik le:

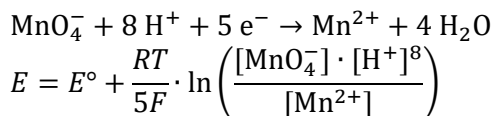


Ez alapján a reakcióban elreagáló KMnO_4 anyagmennyisége, illetve koncentrációja:

$$n(\text{KMnO}_4) = \frac{2}{5} n((\text{COOH})_2) = \frac{2}{5} n((\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O})$$

$$c(\text{KMnO}_4) = \frac{n(\text{KMnO}_4)}{V(\text{fogyás})} = \frac{2m((\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O})}{5V(\text{fogyás}) \cdot M((\text{COOH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O})}$$

A második mérés során egy redoxelektródot állítottunk össze, mely feltételezhetően a galváncella katódja. Így ennek az elektródpotenciálja a mért kapcsolásfeszültség. Az összeállított elektródot az alábbi elektródreakció írja le, melyre felírható a Nernst-egyenlet.



A Nernst-egyenletből kifejezhető a cellában lévő permanganátion koncentráció ($[\text{KMnO}_4]$), az alapján pedig az eredeti koncentráció is megadható:

$$c(\text{KMnO}_4) = \frac{25,00}{1,000} \cdot [\text{MnO}_4^-] = 25,00 \cdot \frac{[\text{Mn}^{2+}]}{[\text{H}^+]^8} \cdot e^{\frac{5F(E-E^\circ)}{RT}}$$

Ebbe a kifejezésbe még beilleszthetjük a pH-t is.

$$c(\text{KMnO}_4) = 25,00 \cdot [\text{MnO}_4^-] = 25,00 \cdot \frac{[\text{Mn}^{2+}]}{10^{-8 \cdot \text{pH}}} \cdot e^{\frac{5F(E-E^\circ)}{RT}}$$

A harmadik mérés egy spektrofotometriás mennyiségi meghatározás. E mérés kiértékelésekor a Lambert-Beer-törvényt használhatjuk:

$$A = c(\text{MnO}_4^-, \text{hígított}) \cdot \epsilon l$$

Ezt felhasználva megadhatjuk az eredeti oldat anyagmennyiség-koncentrációját is:

$$c(\text{KMnO}_4) = 100,0 \cdot c(\text{MnO}_4^-, \text{hígított}) = 100,0 \cdot A \cdot (\epsilon l)^{-1}$$

Az előkészített összefüggésekbe most már elegendő a megfelelő adatokat behelyettesíteni.

A feladat szövege alapján a buretta, illetve három műszer hibájával kell foglalkoznunk. E három műszer a pH-mérő, a feszültségmérő és a spektrofotométer. A feladatban szereplő mérési adatok, illetve ezen adatok bizonytalanságából számolt koncentrációk az alábbi táblázatban olvashatók.

Mérés	Koncentrációk / (mol/dm ³)		
	Legkisebb	Mért	Legnagyobb
1.	0,020222	0,020232	0,020242
2.	0,016735	0,020225	0,024443
3.	0,020196	0,020217	0,020239

A számolások során felhasznált adatok: az oxálsav moláris tömege 126,068 g/mol, a Faraday-állandó 96485 C/mol, az egyetemes gázállandó 8,314 J/(molK), a víz olvadáspontja 273,15 K, míg a fenti elektródreakció standardpotenciálja +1,51 V.

A második mérés esetén összesen négy eset lehetséges a két adat bizonytalansága miatt. Ekkor vagy kiszámoljuk mind a négy esetben a koncentrációt, vagy a fenti összefüggés alapján észrevesszük, hogy a keresett mennyiség akkor a maximális, amikor a pH és a mért feszültség a maximális, illetve akkor minimális, amikor az előbbi két mennyiség minimális.

A lehetséges koncentrációkat figyelembe véve a titrálás a legpontosabb, ugyanis ott a legkisebb ez az intervallum.

A feladatban szereplő értékes jegyeket figyelembe véve látható, hogy az 1-es és a 3-as mérés esetén ez az intervallum nem jelent nagy bizonytalanságot.

A feladatra kapott átlagpontoszám 7,06 lett. Érdemes megjegyezni, hogy a feladatban szereplő pontosság lényegében a megfelelő számú értékes jegyre történő kerekítés figyelembevételét jelenti.

(Ficsór István Dávid)

H378. a) Mivel a polarizációs sík elforgatásának szöge egyenesen arányos a fényút hosszával és a koncentrációval (a fajlagos forgatóképesség állandó, így azzal nem törődünk), így ha ezek egyenlőek, az elforgatás szöge is. Ennélfogva az első esetben nem számít az irány, mindhárom tengely irányában ugyanaz lesz.

Ha hígítjuk, a koncentráció a felére csökken, így a vízszintes tengelyek mentén a felére csökken, hisz az úthossz nem változik, de a kettő egyenlő marad, a függőleges tengely mentén az úthossz a duplájára nő, így az elforgatás szöge ugyanaz marad, mint eredetileg volt, így ebben az esetben számít az irány.

b) Első lépésben bontsuk fel az elforgatási szöget két tényezőként:

$$\alpha = \alpha_{A_R} + \alpha_{A_S} = [\alpha_{A_R}] \cdot l \cdot c_{A_R} + [\alpha_{A_S}] \cdot l \cdot c_{A_S}$$

Ha a kezdeti koncentráció c_0 , akkor az alábbiak állnak fenn:

$$c_{A_R} = c_0 \cdot e^{-kt}$$

$$c_{A_S} = c_0 - c_{A_R} = c_0 \cdot (1 - e^{-kt})$$

Kihasználva, hogy a fajlagos forgatóképességek épp egymás ellentettjei, illetve behelyettesítve a korábbi egyenletbe:

$$\alpha = [\alpha_{A_R}] \cdot l \cdot c_0 \cdot e^{-kt} - [\alpha_{A_R}] \cdot l \cdot c_0 \cdot (1 - e^{-kt})$$

$$= [\alpha_{A_R}] \cdot l \cdot c_0 \cdot (2e^{-kt} - 1)$$

Vezessünk be az első három tényező szorzatára egy új változót, α_0 -t, ami egyébként az elforgatási szög kezdeti értéke.

Ezt felírva egy rendkívül egyszerű végső függvényt kapunk az elforgatási szögre:

$$\alpha(t) = \alpha_0 \cdot (2e^{-kt} - 1)$$

A szögsebességre két gyakori megoldás is volt. Az első a feladatban szereplő analógiát használja ki. Ebben a gondolatmenetben felismerjük, hogy az elforgatási szög egyenesen arányos a koncentrációval, illetve a reakciósebesség a koncentráció változásából következik, míg a szögsebesség az elforgatási szögeből, aminek az oka a koncentráció változása, így logikus, hogy ω szögsebességre igaz, hogy:

$$\omega_t = k \cdot \alpha_t$$

Ide behelyettesítve:

$$\omega(t) = k \cdot \alpha_0 \cdot (2e^{-kt} - 1)$$

Ez egyébként nem a teljes értékű megoldás, de magasabb szintű matematikai ismeretek nélkül erre a megoldásra lehet csak eljutni, így ez helyesnek számít, illetve minden olyan megoldás is, ami ebből az ötletből indul ki.

A másik gyakori megoldás több matematikai ismeretet igényel, ebben azt használjuk ki, hogy a szögsebesség a szögelfordulás deriváltja, így:

$$\omega(t) = \frac{d}{dt} \alpha_0 \cdot (2e^{-kt} - 1) = -2k \cdot \alpha_0 \cdot e^{-kt}$$

c) A korábban megállapított függvényt kellett ábrázolni, ha alapvetően felismerhető volt rajta, az, hogy egy exponenciális függvény, nem volt kirajzolva az idő tengely negatív tartománya, a görbe a $(0; \alpha_0)$ pontból indult és felismerhető rajta, hogy az $y = -\alpha_0$ aszimptotához tart, akár ha konkrét értéket használt is a megoldó, elfogadtuk.

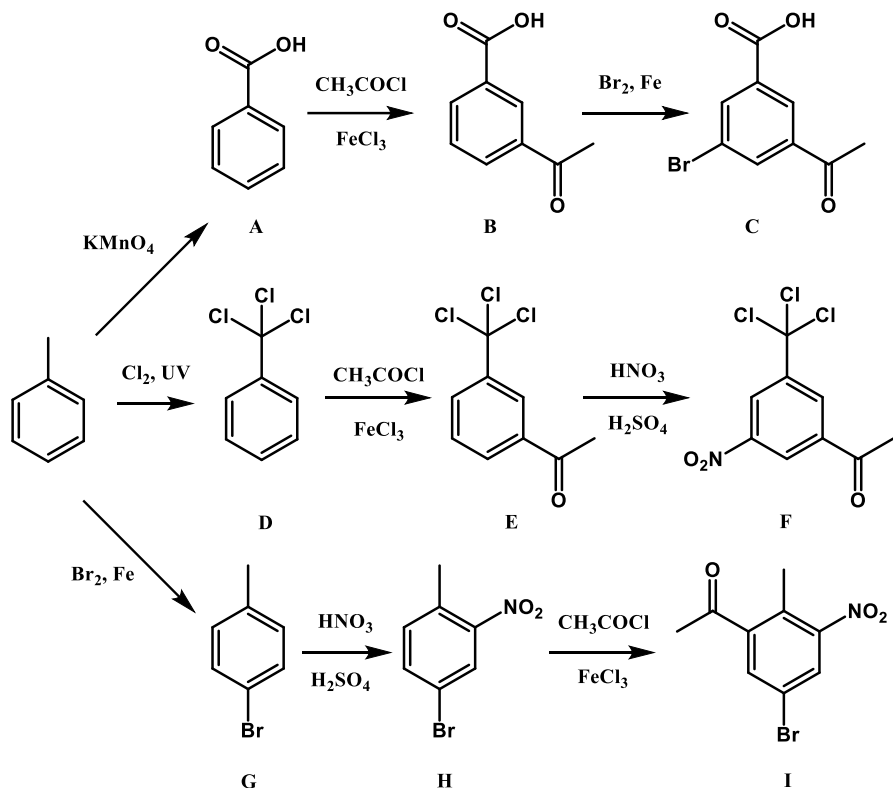
Többen is azt a hibát követték el az a) feladatban, hogy az úthossznak a küvetta megfelelő paraméterét vették, pedig nem ettől függ, hanem a folyadék réteg vastagságától, amin áthalad. Illetve voltak, akik nagyon helyesen megjegyezték, hogy egy küvetta csak egy irányból tudunk használni, azonban ez egy elméleti jellegű feladat volt, nem mérés technikai, így ezt nem kell figyelembe venni.

A b) feladatban gyakori hiba volt az, hogy pillanatnyi szögsebesség helyett az addigi átlag szögsebességet számolták ki, a kettő nem ugyanaz.

A feladat nehéznek bizonyult, de ennek ellenére sok helyes megoldás érkezett. Maximális pontot ért el Éger Viktória, Gerendás Roland, Nemeskéri Dániel, Papp Marcell Imre és Viczián Dániel.

(Sajósi Benedek)

H379. a) A feladatrész megoldása:

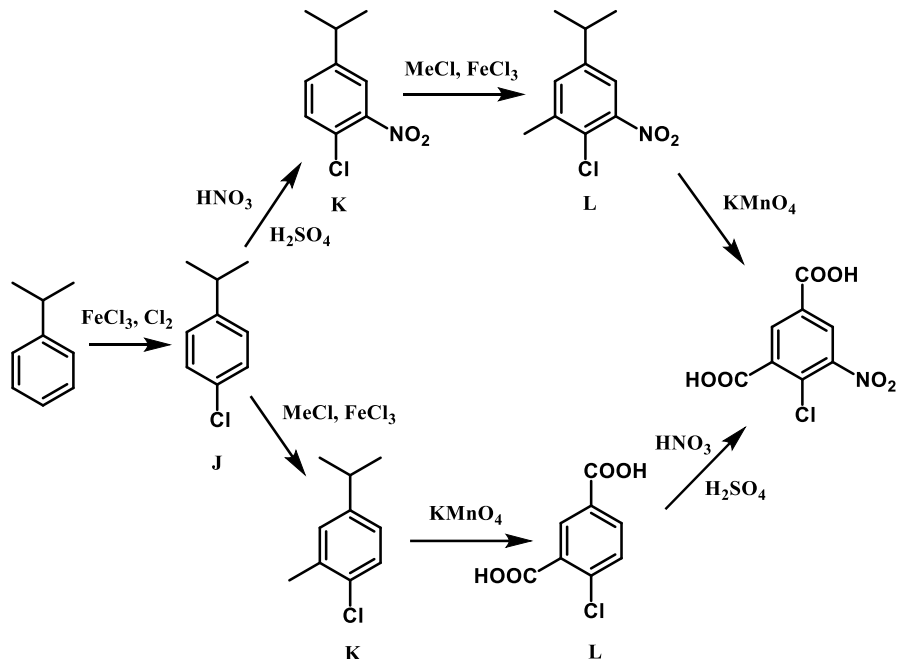


Az **A** vegyület esetén, ha keletkezik is vegyes savanhidrid a benzoec-savból, irányítása nem változik. A **B**, **C**, **E**, **F** vegyületekhez vezető reakciók a szokásos irányítási szabályokat követik. A **D** molekula a gyökös klórozás eredményeként benzil helyzetben szubsztituált.

G esetén 2-brómtoluol keletkezésével is számolnunk kell, de csak a sztérikusan kevésbé gátolt terméket tüntettük fel. Reagensmennyiségek hiányában a 2,4,6-tribrómtoluol is elfogadható. **H** megoldásához nem elég az alapvető irányítási szabályok alkalmazása. Diszubsztituált benzolszármazékok aromás elektrofil szubsztitúciója esetén figyelembe kell venni, hogy az erősebben aktiváló csoport hatása érvényesül, jelen esetben a metilcsoport orto-para irányítása, így a főtermék – legalábbis ezen körülmények közt – a 4-bróm-2-nitrotoluol. **I** esetén hasonló a helyzet. Utóbbinál elfogadható válasz az a – teljesen jogos – kétség is, hogy akár

egyáltalán nem fog végbemenni a Friedel-Crafts-acilezés 2 dezaktiváló csoport jelenlétében, de konkrét irodalmi példa híján ezt nem tudhatjuk biztosan.

b) A feladatrész megoldása:

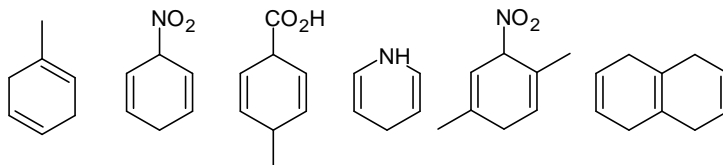


Két utat is feltüntettünk, amelyek közül nehéz megtippelni, melyik lesz sikeresebb. **K** vegyület esetén a megoldás ellentmondani látszik **H** problémájának, ám az irodalom is megerősíti, hogy még egy további faktort figyelembe kell itt vennünk: a sztérikus gátlást. Az izopropilcsoport térbeli kiterjedése a harmadik (és valószínűleg negyedik is) szubsztituens orto-helyzetbe való belépését erősen gátolja, igazából csak ezért megoldható a feladatrész.

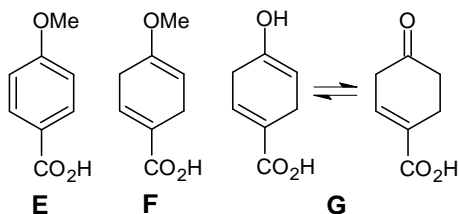
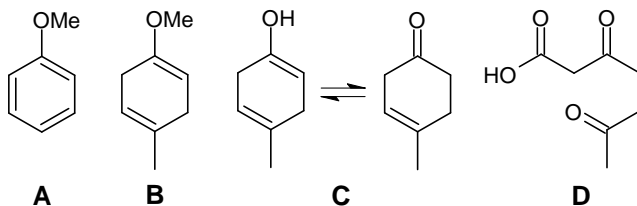
A feladat könnyűnek bizonyult, a legtöbben egyedül a diszubsztituált benzolszármazékok irányítását rontották el, erre figyeljetek ezentúl a hasonló problémák megoldásakor.

(Szobota András)

H380. a) Az irányítási szabályok figyelembevételével a következő vegyületek keletkeznek a Birch-redukció során:



b) A vázolt reakciósorokban a következő vegyületek szerepelnek. A keto-enol tautóméria során mindig a keton lesz a stabilabb.



A feladat megoldásával kapcsolatban a legtöbb nehézséget a keto-enol tautóméria helyes felismerése és a szén-szén kettős kötés teljes oxidációja jelentette.

(Varga Szilárd)