

GONDOLKODÓ



Feladatok

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

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat 2017. február 9-ig lehet feltölteni a honlapon. A postán küldött megoldásokat is kérjük a honlapon regisztrálni. A levélcím:

KÖKÉL Feladatmegoldó pontverseny

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A kokel.mke.org.hu honlapon található az online rendszer. Beszkennelt kézírás esetén *figyeljete*k a minőségre és az olvashatóságra (tisztá fehér lapra jól látható tintával írjatok)!

A71. Vendel szereti a szénsavas sós vizet. Éppen ezért szódabikarbónából és sósavból olyan oldatot készül előállítani, amely nátrium-kloridra nézve telített (és a són kívül más oldott anyagot nem tartalmaz). Minthogy a folyamatban szén-dioxid is képződik, az oldat szénsavas is lesz egyben.

- Milyen töménységű sósavat kell használnia a kísérletben?*
- A képződő szén-dioxidnak hány százaléka marad oldott állapotban a reakció végén?*

A szén-dioxid oldhatósága telített sóoldatban 25 °C-on 0,011 mol/dm³.
A telített sóoldat sűrűsége 1,19 g/cm³.

(Zagyi Péter)

A72. Vendel szereti a vicces képleteket. Legújabb kedvenceit így jellemzi:

Két vegyület ugyanazzal a két összetevővel. Egyikük 1,000 mólja $1,204 \cdot 10^{24}$ darab atomot és $1,066 \cdot 10^{26}$ db protont tartalmaz. A másik 1 mólja $1,807 \cdot 10^{24}$ darab atomot és $1,566 \cdot 10^{26}$ db protont tartalmaz.

Vendel megint nagyon precíz volt: az Avogadro-állandó értékét $6,022 \cdot 10^{23}$ 1/mol-nak vette.

Határozd meg Vendel kedvenc képleteit!

(Zagyi Péter)

A73. Beszakadt a ródium ára – töprengett Vendel. Ma (január 8-án) mindössze 25,7 \$/g-ba kerül, pedig pár éve még nagyjából nyolcszor ennyi lehetett. Ha most veszek ródium-kloridot, elemi fémet állítok elő belőle, várok egy kicsit, amíg ismét feljebb kúszik az ára, komoly haszonra tehetek szert.

Az Alibaba.com weboldalon ródium(III)-klorid-trihidrátot ($\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) árulnak, már 10 \$/g + szállítási költség áron, de ugyanennyiért ródium(III)-nitrát-dihidrátot is lehet kapni.

a) *Melyiket éri meg megrendelni?*

b) *1 kg anyag megrendelése esetén legfeljebb milyen szállítási díj mellett húzhat hasznot Vendel az üzletből, ha el tudja adni a ródiumot a jelenlegi áron?*

(Zagyi Péter)

A74. Vendelt régóta foglalkoztatja a kérdés, hogy miért eltérő a fémek elektromos vezetőképessége. Kigondolt egy logikusnak tűnő elméletet: a vezetőképesség közelítőleg egyenesen arányos az egységnyi térfogatban (pl. 1 m^3 -ben) megtalálható delokalizált (vezetésben részt vevő) elektronok számával. Elmélete ellenőrzésére választott néhány olyan fémet, amelyről úgy gondolta, hogy meg tudja mondani, atomonként hány elektronnal járulnak hozzá a delokalizált elektronfelhőhöz. Megnézte az elektromos vezetőképességüket, kikeresett még pár adatot, és elvégezte a számításokat.

Kövesd Vendel példáját, és állapítsd meg, van-e alapja a feltételezésének!

Segítségképpen a Vendel által választott fémek és elektromos vezetőképességük S/m (siemens per méter) egységben:

lítium: $1,08 \cdot 10^7$; kálium: $1,4 \cdot 10^7$; magnézium: $2,3 \cdot 10^7$; bárium: $2,9 \cdot 10^6$; alumínium: $3,8 \cdot 10^7$; ezüst: $6,2 \cdot 10^7$; arany: $4,5 \cdot 10^7$

Egyéb szükséges adatoknak nézz utána!

(Zagyi Péter)

A75. 52,6 g ismeretlen molekulaképletű bórt, nitrogént és hidrogént tartalmazó vegyületet elégetünk. Az égéstermékben bór-trioxid mellett $23,9 \text{ dm}^3$ standard légköri nyomású, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -os nitrogén, illetve kétszer ekkora anyagmennyiségű víz van.

- Mi a vegyület összegképlete, ha gőzének oxigénre vonatkoztatott sűrűsége 2,51?*
- Írd fel az égés egyenletét!*
- Mi lehet a molekula szerkezeti képlete?*
- Melyik közismert anyaghoz hasonlít szerkezeti képlete alapján?*

(Bacsó András)

K261. Az etanol és a trinitroglicerin egyaránt éghető anyag.

- Mennyi az etanol és a trinitroglicerin égéshője tökéletes égést és vízgőz képződését feltételezve?*

A trinitroglicerin robbanása során a széntartalomból CO keletkezik.

- Mekkora ennek a folyamatnak a reakcióhője?*

Közismert, hogy az etanolt ugyan tűzveszélyes de komoly veszélyt nem rejtő anyagként tartják számon, míg a trinitroglicerint robbanószerként.

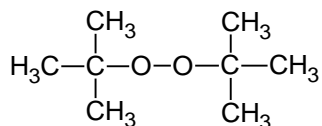
- A kiszámított adatok segítségével vedd össze, mennyi energia szabadul fel az felírt folyamatokban! Ezek alapján mennyire magyarázható az ismert viselkedés? Hogyan magyarázható meg a különbség?*

(Berta Dénes)

K262. Egy torontói tűzeset során a légzőkészülékeket használó tűzoltók nem tudták motoros láncfűrészükkel megbontani az égő épület tetőszerkezetét, ami meghiúsította a mentést.

a) *Vajon miért nem működött a láncfűrész?*

Az eset után kanadai kutatók olyan üzemanyagot kerestek, amely még az említett esetben sem hagyta volna cserben a tűzoltókat. Megfelelő anyagnak bizonyult a di-*terc*-butil-peroxid (DTBP). Ez az anyag amellest, hogy normális esetben jól égő folyadék, magas hőmérsékleten hőbomlást szenved, amely folyamatban etán és aceton képződik.



A di-*terc*-butil-peroxid szerkezete

b) *Írd fel a di-*terc*-butil-peroxid hőbomlásának egyenletét!*

c) *Miért volt alkalmas üzemanyagnak a di-*terc*-butil-peroxid az említett esetbenben is?*

d) *Számítsd ki, hány-szoros mennyiségű energia szabadul fel a di-*terc*-butil-peroxid tökéletes égésekor a hőbomláshoz viszonyítva! Az alábbi képződéshőket használd:*

$$\Delta_k H(\text{DTBP}) = -381 \text{ kJ/mol}; \Delta_k H(\text{C}_2\text{H}_6, \text{g}) = -84 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_k H(\text{aceton}, \text{g}) = -219 \text{ kJ/mol}; \Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -242 \text{ kJ/mol}$$

(Zagyi Péter)

K263. Egy 50 literes és egy 8 literes állandó térfogatú edényt vékony cső köt össze. A két edény összesen 6,5 mol nitrogéngázt tartalmaz.

a) *Mekkora lesz a rendszerben a nyomás akkor, ha a nagyobbik edényt 50 °C-on, a kisebbiket 70 °C-on tartjuk?*

b) *Mennyire kell lehűteni a nagyobbik tartályt, hogy a molekulák 10:1 arányban legyenek megosztva a tartályok között?*

c) *Ezek alapján érdemes lehet-e ilyen módszerrel előállítani sűrűségkülönbséget egy rendszer két pontja között?*

(Bacsó András)

K264. Egy elem két oxidjának összetétele X_2O és XO_2 . A kétféle oxidból azonos tömegű mennyiségeket összekeverve az ismeretlen elem atomjainak száma 1,015-szerese az oxigénatomok számának.

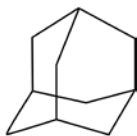
a) Melyik elemről van szó?

Ugyanez az elem egy harmadik elemmel X_nY és XY_n összetételű vegyületeket is tud alkotni (n értéke a két vegyületben azonos), és az X_nY vegyület moláris tömege 2,53-szorosa az XY_n vegyületének.

b) Mi lehet az Y elem és mennyi n értéke?

(Dénesné Rác Krisztina)

K265. Érdekes szerkezetű szénhidrogén az adamantán. Képlete az alábbi:



a) Mi az adamantán összegképlete?

Az adamantán név a gyémánt ógörög elnevezéséből származik.

b) Mi köze az adamantánnak a gyémánthoz?

Az utóbbi évtizedekben előállították az adamantán számtalan származékát. E származékok egyik csoportját azok a vegyületek alkotják, amelyekben az adamantán egy hidrogénatomját valamilyen más atom (vagy atomcsoport) helyettesíti. Előállíthatók pl. halogénezett adamantánok is.

c) Hányféle monobróm-, ill. dibróm-adamantán izomer létezik?

Egy meglepően egyszerű adamantánszármazék hatásosnak bizonyult a Parkinson-kór kezelésében. Ennek széntartalma 79,41 m/m%, hidrogéntartalma 11,33 m/m%.

d) Mi lehet a kérdéses vegyület szerkezete?

Egy másik ilyen, szubsztituált adamantánszármazék elemi összetétele nagyon hasonlít az előzőéhez: széntartalma 79,96 m/m%, hidrogéntartalma 9,39 m/m%.

e) Mi lehet ennek az anyagnak a szerkezete?

(Zagyi Péter)

H261. Első hallásra talán furcsa lehet, hogy sokáig nem sikerült előállítani telítetlen szénhidrogént az adamantán szénvázával. A kémikusok persze számítottak erre, és amikor mégis megvalósult az

adamantén szintézise, nem lepődtek meg az instabilitásán. Érdekes módon ez a vegyület nem állítható elő egyszerű hidrogén-bromid-eliminációval a monobrom-adamantánból sem. A monobrom-származéko(ka)t erős bázissal (nátrium-metiláttal) reagáltatták, és ekkor egy új éter típusú vegyület(ek)et kaptak.

(A feladat megoldásához segítséget nyújthat a KÖKÉL 2006/1. számából Kotschy András: Néhány jelentősebb szerves kémiai mechanizmus című írása.)

- Mi a képződött éter típusú vegyület(ek) szerkezete? Milyen reakciómechanizmus szerint képződtek a vegyület(ek)?*
- Miért nem játszódnak le az eliminációs reakciók? Milyen molekulaszervezeti oka lehet az adamantén instabilitásának?*
- Elvileg hányféle adamantén létezhet (amely tehát az adamantán szénvázát és egyetlen kettős kötést tartalmaz)?*
- Adamantadiént végképp nem sikerült előállítani. Elvileg hányféle szerkezetű adamantadién létezhetne?*

(Varga Szilárd, Zagyi Péter)

H262. A foszforsavat bizonyos üdítők savanyú ízének beállítására is használják. A foszforsav és vegyületeinek oldatában a kémhatástól függően H_3PO_4 molekulák, illetve H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} ionok egyaránt előfordulhatnak. A koncentrációkat a foszforsav három, egymás követő disszociációjának egyensúlyi állandói határozzák meg:

$$K_1 = 7,11 \cdot 10^{-3}; K_2 = 6,32 \cdot 10^{-8}; K_3 = 4,5 \cdot 10^{-13}$$

Egy kólaízű üdítő pH-ja 2,46. Foszforsavtartalma 0,050 m/m%, és sűrűsége vehető jó közelítéssel 1 g/ml-nek.

A foszforsav fent felsorolt négy formája közül bármilyen kémhatáson csak kettőnek lesz számottevő a koncentrációja.

- Melyik kettő lesz ez ebben az oldatban? Számítsa ki a koncentrációikat! Mutassa meg számolással, hogy a többi forma koncentrációja ezekhez képest elhanyagolhatóan kicsi!*

Az említett kóla pH-ját mérhető térfogatváltozás nélkül semlegesre állítjuk.

b) Melyik két foszforsav-forma koncentrációja dominál ebben az oldatban? Számítsa ki az összes foszforsav-forma koncentrációját!

Tételezzük fel, hogy az üdítő kémhatását más adalék nem befolyásolja, csak a foszforsav.

c) Hány gramm NaOH-t kellene egy 2 literes palackhoz adni, hogy semlegesítse?

(Magyarfalvi Gábor)

H263. 1,00 g tömegű, kristályvíztartalmú réz-(II)-nitrátot két részletre osztunk, majd mindkét részletből azonos térfogatú vizes oldatot készítünk (25 °C-on és 101 kPa nyomáson). Mindkét oldatba fémrezt merítve egy koncentrációs elemet állítunk össze, melynek elektromotoros ereje 28,2 mV. Az elem lemerüléséig az egyik fémréz-darab tömegcsökkenése 105 mg. (Az elem működése közben bekövetkező esetleges térfogatváltozásokat elhanyagolhatjuk.)

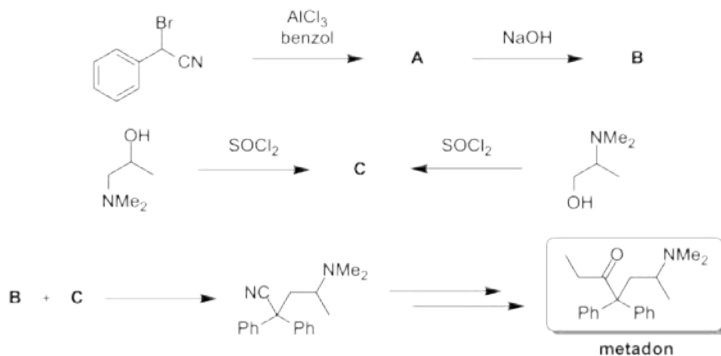
a) Az anód vagy a katód esetén tapasztaltuk a tömegcsökkenést?

b) Mekkora tömegű részekre osztottuk a kiindulási sót?

c) Mi volt a kiindulási só képlete?

(Vörös Tamás)

H264. A metadon egy fájdalomcsillapító hatású gyógyszerhatóanyag. Egy lehetséges szintézisének egyes lépései láthatóak alább.

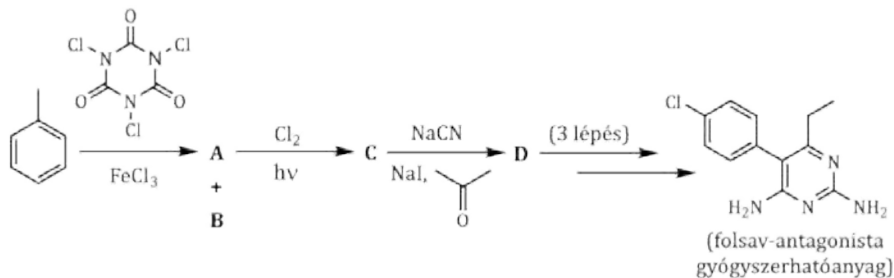


B és **C** egyaránt sószerű vegyület. **C** mindkét bemutatott kiindulási vegyületből hasonló módon keletkezik, és egy háromatomos heterociklust tartalmaz.

- Mi **A**, **B** és **C** vegyületek szerkezete?*
- A** átalakítását **B**-be NaOH-dal végezhetjük. Mi az oka annak, hogy nincs szükség erősebb bázisra?*
- B** és **C** reakciójakor egy melléktermék is keletkezhet, mely a főtermék konstitúciós izomere. Mi ez a vegyület, és miért keletkezik kisebb mennyiségben?*

(Berta Dénes)

H265. Az alábbi reakcióséma szerinti szintézist hajtjuk végre.



A és **B** vegyületek szerkezetvizsgálata során kiderült, hogy molekuláik egynél többféle (**A** 5-féle, **B** 7-féle) különböző kémiai környezetben lévő szénatomot tartalmaznak.

- Rajzold fel az **A-D** betűk által jelölt szerves vegyületek szerkezetét!*
- Írd fel a fenti reakciósor lépéseinek rendezett reakcióegyenletét! (**A D** vegyület végtermékké alakítását értelemszerűen nem.)*
- Milyen előnyei vannak a toluol efféle **A** és **B** vegyületté történő átalakításának a gyakran alkalmazott Cl_2/Fe -módszerhez képest? Legalább kettőt említs meg!*
- Milyen szerepet tölt be a NaI a **C** anyag **D** vegyületté történő átalakításában? Állításodat a megfelelő reakcióegyenletek felírásával igazold!*

A D vegyület – fenti reakciósémának megfelelő – előállításakor a reakcióelegy a mintegy 1 napot igénybe vevő szintézislépés végrehajtása során megbarnul; a barnás szín azonban szinte teljesen

megszüntethető telített vizes nátrium-metabiszulfid-oldat hozzáadásával.

e) *Írd fel a barnás szín létrejöttét, valamint eltűnését eredményező reakció rendezett ionegyenletét! Miért nem célszerű órák hosszát kevertetni az elegyet a vizes nátrium-metabiszulfid-oldattal?*

(Baglyas Márton)

Megoldások

A61. a) Az argon feltehetőleg a hipoxia indukáló faktorra (HIF) aktiváló hatású, ami fokozza az eritropoietin (EPO) hormon termelődését, ezáltal a vörös vértestek számát növeli a vérben. Megjegyzendő azonban, hogy ez a HIF-aktiváló hatása vitatott, mégis elővigyázatosságból felkerült (a xenonnal együtt) a WADA doppinglistájára.

(Megtalálható itt: <https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/wada-2015-prohibited-list-en.pdf> a 4. oldalon).

b)

100 mol telített oldat 0,253 mol argont és 99,747 mol hexánt tartalmaz. Tömegszázalékos argontartalma tehát

$$\frac{0,253 \text{ mol} \cdot 39,95 \text{ g/mol}}{0,253 \text{ mol} \cdot 39,95 \text{ g/mol} + 99,747 \text{ mol} \cdot 86,18 \text{ g/mol}} = 0,117 \text{ m/m\%}$$

Az elkészített telített oldat tömege $10 \text{ cm}^3 \cdot 0,655 \text{ g/cm}^3 = 6,55 \text{ g}$.

Argontartalma $6,55 \text{ g} \cdot 0,00117 = 7,69 \cdot 10^{-3} \text{ g}$.

(Pálfy Gyula)

A62. a) Rómát a vandálok 455-ben dúlták fel. A közelmúltban felfedezett elemek 7 elektronhéjjal bírnak. Első és negyedik elektronhéjuk telített, 2 és 32 elektronnal. Legyen a legkülső, 7. héjon x elektron; a többi héjon összesen 110 elektron van, tehát az atomban levő protonok és elektronok száma egyaránt $110+x$.

Vendel magától értetődő összefüggése ezek szerint:

$$\frac{455}{7}x + 2(110 + x) + 2 + 32 = 455$$

A kapott $x = 3$ megoldásnak megfelelően az elem rendszáma 113. Ezt az elemet a kérdés megjelenésekor hivatalosan még ununtrium névvel jelölték. November végén azonban az IUPAC véglegesítette rá a nihónium nevet.

b) Lucifer nevét jó néhány elemmel asszociálták a beküldők. A feladat kitűzőjének eredeti ötlete a foszfor volt, hisz mindkét szó ugyanazt jelenti: fényhozó. A pokol, ördög fogalma joggal kapcsolható lazábban

vagy szorosabban további elemekhez is: plutónium, kén. Összetettebb kapcsolatokat is elfogadtunk: az ókoriak Lucifer illetve Phosphorus néven nevezték a Vénusz bolygót, a fényt hozó Esthajnalcsillagot. Ugyanakkor a 7 ismert bolygót és fémeket is összekapcsolták: a Vénuszhoz a réz társult.

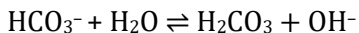
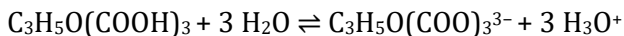
A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális pontot ért el. Az a) részben egyenlet felírása nélkül is könnyen azonosítani lehetett a követelményeknek megfelelő a néhány frissen felfedezett elem közül.

(Magyarfalvi Gábor)

A63. Az anyagok azonosítására számos módszer kidolgozható, ezek közül egy lehetőséget mutatunk be (néhány megjegyzéssel kiegészítve). Kiindulásnak két alapvető kísérlet adódik természetesnek: egyik valamilyen indikátoroldat elkészítése (vöröskáposzta, lilahagyma, megfelelő tea stb.), s az anyagok oldódása során bekövetkező pH-változás követése; a másik a lángfestés vizsgálata (minél inkább színtelen lángba szórjuk az anyagot).

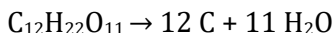
Vizsgáljuk az anyagok lángfestését: amennyiben tartalmaz nátriumot a vizsgálandó anyag, akkor a lángot sárga színűre festi. Ezek alapján két csoportot hozhatunk létre: (1) amikor tapasztalható sárga lángfestés (szódabikarbóna, só, mosószóda) és (2) amikor nem (szalalkáli, citromsav, cukor).

Ezek után vizsgáljuk a 2-es csoportot. A korábban említett módon vizsgáljuk meg, hogy az oldásuk után milyen lesz a vizes oldat kémhatása (érdeemes a vizet felforralni az anyagok oldása előtt, hogy eltávolítsuk belőle az oldott szén-dioxid jelentős részét). A szalalkáli oldata enyhén lúgos, a cukoroldat semleges, amíg a citromsavoldat savas kémhatású. (Például a vöröskáposztából készített oldat savas közegben pirosas, semleges közegben kékes és bázikus közegben zöldes színű.)

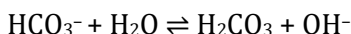
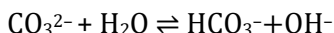


Így ezen anyagokat egyértelműen azonosítottuk! Ha nem sikerülne elkülöníteni ily módon a szalalkálit a cukortól, akkor hevítjük mindkét

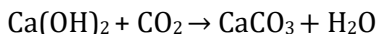
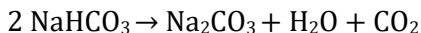
anyagot: a cukor karamellizálódik, majd elszenesedik, a szalalkáli szűrős szagú gáz keletkezése közben bomlik (ammónia keletkezik).



Az 1-es csoportban található anyagok oldatát megvizsgálva azt tapasztaljuk, hogy a háromból kettő lúgos kémhatású (szódabikarbóna, mosószóda), a harmadik pedig semleges (só); így azonosítható a só.



A vöröskáposztalé is képes kimutatni, hogy a mosószóda oldata erősebben lúgos kémhatású, mint a szódabikarbónaé. De végezhetünk hevítést is, majd a keletkező gázt meszes vízbe vezethetjük (vagy egy edénybe is juttathatjuk a levegőnél nagyobb sűrűségű gázt, s égő gyújtópálcát belehelyezve, azt tapasztaljuk, hogy elalszik; a szén-dioxid nem táplálja az égést). A szódabikarbóna (ugyanúgy a szalalkáli) esetében az oldat zavarosodását tapasztalnánk (a fejlődő szén-dioxid miatt).



A beküldött megoldások között egy hibátlan volt (Ujvári Kamilla). Általános hibák voltak a következők: a szalalkálioldat kémhatásának eltévesztése, a citromsav bomlásának figyelmen kívül hagyása és a módszer kidolgozásának hiánya (csak tények közlése). Az átlagpontszám 6,5 lett.

(Broda Balázs)

A64. a) Az óceánvíz átlagtól jelentősen eltérő deutériumtartalma azzal magyarázható, hogy a nagy kiterjedésű állóvizek sokkal nagyobb mértékben párolognak, mint a folyóvizek, a talajvíz, a rétegvíz stb. A nehésvíz kevésbé párolog (forráspontja nagyobb), így a visszamaradó víz deutériumtartalma növekszik.

b) A 125 ppm deutériumtartalmú vízben 10^6 db hidrogénatomból 125 db deutérium. Ezek alapján $10^6 - 125 = 999875$ db 1H atom van.

Tehát a ${}^1\text{H}:$ ${}^2\text{H}$ anyagmennyiség-arány ezen esetben $999875:125 = 7999:1$.

Ugyanígy gondolkodva, a 25 ppm deutérium-tartalmú vízben 10^6 db hidrogénatomból 25 db deutérium. Ezek alapján $10^6 - 25 = 999975$ db ${}^1\text{H}$ atom van.

Tehát a ${}^1\text{H}:$ ${}^2\text{H}$ anyagmennyiség-arány: $999975:125=39999:1$.

c) Ahhoz, hogy meghatározzuk, hogy elvileg milyen határok között változhat a deutériumot tartalmazó vízmolekulák százalékos aránya a 125 ppm deutériumtartalmú vízben, először a két szélsőséges esetet kell megtalálni.

Az egyik ilyen eset, ha minden deutériumot tartalmazó vízmolekula pontosan egy deutériumot tartalmaz (HDO molekula), a másik eset, hogy amikor egy vízmolekula tartalmaz deutériumot, akkor pontosan kettőt (D_2O).

Ezek után számoljuk ki, hogy ebben a két esetben milyen a deutériumot tartalmazó vízmolekulák százalékos aránya.

Vegyünk 16000 db hidrogénatomot (ebből 2 db deutérium), ez 8000 db vízmolekulában található meg. Az első szélsőséges esetben 2 db vízmolekula tartalmaz deutériumot (2 db HDO), amíg a második esetben mindössze csak 1 db (D_2O). (Természetesen vehettünk volna 10^6 db vagy éppen 1 mól hidrogénatomot is.)

Ezek alapján a két szélsőséges arány: $2/8000 \cdot 100\% = 0,025\%$ és $1/8000 \cdot 100\% = 0,0125\%$.

A valóságos arány az előbbihez áll közelebb, amikor a deutérium csak HDO molekulákban található meg (nincs jelen D_2O molekula). Ennek magyarázata, hogy a deutériumok statisztikusan szétszóródva találhatóak meg a molekulahalmazban, s annak a valószínűsége, hogy két deutérium egy molekulában legyen jelen, nagyon kicsi.

A beküldött megoldások között egy teljesen hibátlan volt (Ujvári Kamilla). A feladat a) része bizonyult sokak számára a legnehezebbnek. Az átlagpontszám 4,8 lett.

(Broda Balázs)

A65. a) Három lehetőség jön szóba, a tömegszázalék, anyagmennyiség-százalék és térfogatszázalék. Fontos észrevétel, hogy az utolsó kettő a

gázok esetében megegyezik. A tömegszázalék esetében könnyedén kiszámíthatók az értékek:

$$2,4 \text{ kg} \cdot 0,52 = 1,248 \text{ kg}$$

$$2,4 \text{ kg} \cdot 0,48 = 1,152 \text{ kg}$$

Az anyagmennyiség-százalék esetén:

$$\frac{m_1}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}} \cdot 0,48 = \frac{2,4 \text{ kg} - m_1}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}} \cdot 0,52 \quad m_1 = 1,058 \text{ kg}$$

$$\frac{m_2}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}} \cdot 0,52 = \frac{2,4 \text{ kg} - m_2}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}} \cdot 0,48 \quad m_2 = 0,964 \text{ kg}$$

b) Az alacsonyabb hőmérsékleten a dinitrogén-monoxid egy része cseppfolyósodik, ezért csökken a részaránya a gázfázisban, és ezzel a kiáramló gázban is.

A feladat nehéznek bizonyult, sokan nem értelmezték jól a feladatot, és csak a tömegszázalékot számolták ki. A második részt is csak keveseknek sikerült kitalálnia.

(Borsik Gábor)

K251. a) Vizsgáljunk 1,000 mól az ismeretlen, kristályvíztartalmú timsóból! Ebben 12,00 mol víz van, melynek tömege $12,00 \text{ mol} \cdot 18,016 \text{ g/mol} = 216,2 \text{ g}$. A minta hevítése során bekövetkező 39,40%-os tömegcsökkenés feltételezhetően a kristályvíz távozását jelenti. Ez alapján a vegyület 1,000 móljának tömege: $216,2 \text{ g} / 0,3940 = 548,7 \text{ g}$. A vegyület 1,000 móljának tartalmaznia kell legalább 2,000 mol szulfátiót ($2 \cdot 96,06 \text{ g} = 192,1 \text{ g}$), illetve az 1,000 mol Mn(III)-iont (54,94 g). Ezeket az értékeket és a 12,00 mol kristályvíz tömegét levonva a vegyület 1,000 móljának tömegéből 85,46 g adódik, mely éppen megfelel 1,000 mol Rb^+ tömegének. A timsó képlete tehát $\text{RbMn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$. (A timsó viszonylag kis moláris tömege miatt annak a lehetősége kizárható, hogy a vegyületben a Mn(III)-ion mellett esetleg más, nem egyszeresen pozitív töltésű ion lenne.)

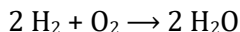
b) A hevítés után visszamaradó vegyület a $\text{RbMn}(\text{SO}_4)_2$. 1,000 móljának tömege 332,5 g, melyben 1,000 mol, azaz 54,94 g Mn található. A %-os Mn-tartalom: $54,94 \text{ g} / 332,5 \text{ g} \cdot 100\% = 16,52 \text{ m/m}\%$.

A pontszámok átlaga 9,2 pont. Maximális pontszámot 24 tanuló ért el. A feladat szövege szerint a timsók kettős szulfátok, ez azonban nem jelenti szükségszerűen azt, hogy 1,000 mol vegyületben 2,000 mol szulfátion van, vagyis a Mn(III)-ion mellett mindenképpen egyszeres töltésű a másik fémion. Emiatt érdemes megvizsgálni azt az esetet is, hogy lehet-e nem egyszeres töltésű az ismeretlen fémünk (a moláris tömeg ismeretében ez az eset egyébként már könnyen kizárható).

(Vörös Tamás)

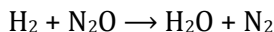
K252. Nem megy az általánosság rovására most sem, és a későbbiekben sem, ha mindig 100 mól elegyből indulunk ki. A feladatban szereplő gázokat ideálisnak tekintjük. A megoldásban, ahol külön nem jelezzük, mólszázalékos összetétel értendő.

a) 100 mól elegyben a térfogat-százalékos összetétel miatt (ami Avogadro törvénye nyomán megegyezik az ideális gázok mólszázalékos összetételével – ezt később is, külön hivatkozás nélkül használjuk) 10 mol hidrogéngáz és 90 mol levegő van, amely a megadott összetétel alapján $90 \text{ mol} \cdot 20/100 = 18 \text{ mol}$ oxigéngázt és így $90 \text{ mol} - 18 \text{ mol} = 72 \text{ mol}$ hidrogéngázt tartalmaz. A nitrogén inert gáz, a hidrogén csak az oxigénnel reagál a következő reakció szerint:



Látható, hogy a reakcióegyenlet szerint a 10 mol hidrogén feleannyi, azaz 5 mol oxigénnel reagál, így a megmaradó vízgőzmentesnek tekintett gázelegyben $18 \text{ mol} - 5 \text{ mol} = 13 \text{ mol}$ oxigéngáz marad. Azaz összesen $13 \text{ mol} + 72 \text{ mol} = 85 \text{ mol}$ gázelegyünk lesz, aminek így $13/85 \cdot 100 \% = 15 \%$ -a lesz oxigén, és a maradék 85 %-a pedig nitrogén.

b) 100 mól elegyben ismét 10 mol hidrogén, de ezúttal 90 mol kéjgáz van, melyek közt a következő reakció játszódik le:



Ez alapján látható, hogy 10 mol hidrogénnel ugyanannyi, azaz 10 mol kéjgáz reagál és szintén 10 mol nitrogéngáz keletkezik, így a maradék vízgőzmentesnek tekintett gázelegyben 10 mol nitrogén és 80 mol kéjgáz, azaz összesen 90 mol anyag lesz. Így az elegy mólszázalékos összetétele: 11 % nitrogén és 89 % kéjgáz.

c) 100 mol elegyben ismét 10 mol hidrogén, de ezúttal 10 mol kéjgáz, 64 mol nitrogén és 16 mol oxigén lesz (utóbbi két összetevő a 80 mólnyi levegőből adódik a megadott összetételt használva). Látható, hogy rendelkezésre áll a 10 mol hidrogénhez akár 5 mol oxigén, akár 10 mol kéjgáz, így akármelyik reakció végbemehet akár teljes mértékben az előző két részben leírtak közül, hiszen a korábban kiszámolt szükséges mennyiségek alapján elegendők a mennyiségek mindkét reakcióhoz, amiből az is következik, hogy a hidrogéngáz elfogy, nem lesz jelen az égéstermékben. Reagáljon a 10 mol hidrogénből x mól az oxigénnel, ekkor $(10-x)$ mól reagál a kéjgázzal, és a két korábbi reakcióegyenlet alapján $x/2$ mól oxigéngáz fogy.

$(10-x)$ mol nitrogéngáz keletkezik és $(10-x)$ mol kéjgáz fogy a reakciókban, így az égés után megmarad $(16-x/2)$ mol oxigén, $(74-x)$ mol nitrogén, és x mol kéjgáz, azaz összesen $(90-x/2)$ mol gázelegy. Így az oxigéngázra kapott mólarány:

$$\frac{16 - 0,5x}{90 - 0,5x} = \frac{90 - 0,5x - 74}{90 - 0,5x} = 1 - \frac{74}{90 - 0,5x}$$

A kéjgázra kapott mólarány:

$$\frac{x}{90 - 0,5x} = \frac{180 + x - 180}{90 - 0,5x} = -2 + \frac{180}{90 - 0,5x}$$

A nitrogéngázra kapott mólarány:

$$\frac{74 - x}{90 - 0,5x} = \frac{180 - x - 106}{90 - 0,5x} = 2 - \frac{106}{90 - 0,5x}$$

Mindhárom mólarány esetében a végeredményben kapott különbségben a törtet vizsgálva látható, hogy pozitív állandó számláló mellett akkor lesz a tört maximális, ha a nevező a lehető legkisebb (mivel x a 0 és a 10 közé esik, így pozitív a nevező), és akkor lesz a tört minimális, ha a nevező a lehető legnagyobb. A nevező akkor a lehető legnagyobb, ha a 90-ből a lehető legkisebb számot vonjuk ki, azaz $x=0$, és akkor a lehető legkisebb, ha a 90-ből a lehető legnagyobb számot vonjuk ki, és ez 5, ami x maximális értéke mellett, $x = 10$ -nél teljesül.

Az oxigéngáz mólarányának felső határa tehát 1-ből a lehető legkisebb törtet kivonva, $x=0$ mellett kapható: 0,18, míg a mólarány alsó határa 1-ből a lehető legnagyobb törtet kivonva, $x = 10$ mellett: 0,13. Ez alapján az oxigén mólszázaléka 13% és 18% közt változhat.

Hasonló elvek alapján a nitrogéngáz mólszázaléka 75% és 82% között, míg a kéjgáz mólszázaléka 0% és 12% között változhat.

Megjegyzés: Azért nem elegendő csupán a két szélsőhelyezettel számolni (amikor a hidrogén vagy teljesen az egyik, vagy teljesen a másik reakcióegyenlet szerint reagál), mert a nitrogén mólszázaléka mindkét esetben nő: egyik esetben az összmenyiség csökkenése miatt, míg a másik esetben a nitrogéngáz képződése miatt. Így ránézésre nem dönthető el, hogy ha a két reakció vegyesen megy végbe, akkor nem lehet-e nagyobb a nitrogén mólszázaléka, mint a szélsőhelyzetekben. (Az oxigén és a kéjgáz mólszázaléka az egyik reakcióban csökken, a másikban nő, így ott ránézésre is látható, hogy a szélsőhelyzetek kiszámítása megfelelő módszer.)

d) Ebben a feladatrészben is jó szolgálatot tesz az előbbi számolásunk, hiszen ugyanabból az összetételű gázelegyből indulunk ki, így használhatóak a kapott eredményeink. (Még egy ok, hogy megérte ezt a megoldási utat követni.) A kéjgáz 1,1%-a a teljes gázelegynek, így

$$\frac{x}{90 - 0,5x} = \frac{1,1}{100}$$

Ahonnán $x = 0,985$. Ezt behelyettesíthetjük a molarányok kifejezésébe, így adódik, hogy az elegy 82% nitrogént, és 17% oxigént tartalmaz.

A versenyzők többsége nem volt tekintettel az adatok pontosságára, és akár 4-6 értékes jegyre is megadta a végeredményt.

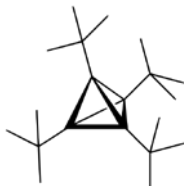
(Csorba Benjámin)

K253. a) A tetraéderben minden szénatom további 3 szénatommal létesít kötést, a negyedik kötése pedig egy hidrogénatomhoz fog kapcsolódni. Így a tetrahedrán összegképlete: C_4H_4 .

b) Egy tetraédes szerkezetű vegyületnél (pl. CH_4) a kötésszög $109,5^\circ$. Viszont a tetrahedránban a szénatomok közötti kötésszög csak 60° , mert itt az atomok a tetraéder csúcsain helyezkednek el. A nagy szögfeszültség miatt pedig az anyag bomlékony lesz.

c) Ha a tetraéderben minden szénatomhoz ugyanolyan szénhidrogén-csoport kapcsolódik, akkor a szén- és a hidrogénatomok száma 4-gyel osztható kell, hogy legyen. Ha a szénatomok kétötöde negyedrendű, akkor a szénatomok száma öttel osztható. Ezek alapján a legkisebb

molekula 20 darab szénatomból áll. Ezt az esetet tovább vizsgálva, 8 darab negyedrendű szénatom lesz a molekulában, amiből 4 a tetraéder csúcsán van. A lelógó csoportokat $(20-4)/4 = 4$ szénatom alkotná, amik közül az egyik negyedrendű kell, hogy legyen, így a többi elsőrendű lesz (metilcsoport). Az eredményül kapott molekula a tetra-terc-butil-tetraéder:



Összegképlete: $C_{20}H_{36}$, $M = 276,49$ g/mol.

A molekula tömegszázalékos hidrogén tartalma: $(36,29/276,49) \cdot 100 = 13,12\%$, ami megfelel a feladatban leírtaknak, tehát ez a helyes megoldás.

d) Közismert „heterotetrahedránnak” tekinthető a fehérfoszfor (P_4), kevésbé ismertek pedig az arzén sárga módosulata (As_4), a gázfázisban létező Sb_4 molekula, ill. a szilíciumot tartalmazó származékok.

(Rutkai Zsófia)

K254. A feladat szerint a molekulát a dodekaéder csúcsainak számával egyenlő, azaz 20 db atom alkotja. Ebből legyen x db fém (M), és $(20-x)$ db szénatom (C). Belátható, hogy a szénatomok száma $3/2$ -szerese a szénatomokénak, hisz minden fémhez 3 szén kapcsolódik, de mivel minden szén két fémhez tartozik, számukat osztani is kell kettővel, így $N_C = 3 \cdot N_M / 2$, azaz $20 - x = (3/2)x$. Az egyenlet megoldásával $x = 8$ -at kapunk, azaz a molekula összegképlete $C_{12}M_8$.

Az arányokat figyelembe véve: $12 \cdot 12$ g / mol + $8 \cdot M_M = 528$ g / mol, ebből az egyenletből $M_M = 48$ g / mol-t kapunk, amely közel megfelel a titán moláris tömegének. Tehát a molekula feltételezhetően a $C_{12}Ti_8$.

Erre a feladatra igen sok helyes megoldás érkezett. Felhívnám a figyelmet, hogy a pontozásnál fontos szempont, hogy ne legyenek a megoldásban logikai ugrások, hanem minden részeredmény látszódjon, hogy milyen megfontolás, számolás útján született, még rövidebb, egyszerűbb feladatoknál is.

(Szobota András)

K255. a) Egyszeres kötés kialakulása várható az N_{60} -ban a nitrogénatomok között; szerkezetének (fullerénszerű), valamint a nitrogénatom sajátosságainak köszönhetően ez a legvalószínűsíthetőbb struktúra. A nitrogénatomok nemkötő (magános) elektronpárjai nem delokalizálódnak, így tisztán egyszeres N–N kovalens kötések alakulnak ki. Fontos megemlíteni, hogy a N-atom körül nem helyezhetünk el 10 elektront 5 kovalens kötés formájában, ugyanis az elem a periódusos rendszer 2. periódusának tagja, emiatt az oktett kiterjesztése esetében nem lehetséges. Másrészt, amennyiben 8 elektront helyezünk el körülötte egy-egy kettős kötés formájában, akkor egy pozitív formális töltés jelenik meg rajta (5 vegyértékelektron mellett a kötésben csak 4 hozzá rendelhető elektron).

b) Legyen az N_{60} molekulában található N–N átlagos kötési energiájának mérőszáma x (dimenziója $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$). A nitrogénmódosulat N_2 molekulákká történő elbomlásakor az eredeti mennyiséghez képest 30-szor akkora anyagmennyiségű N_2 keletkezik:

$$N_{60} = 30 N_2$$

Az N_{60} -ban minden N-atomhoz három másik kapcsolódik egyszeres kovalens kötéssel, ezért egy N_{60} molekulában $(60 \cdot 3)/2 = 90$ kötés található (a 2-vel való osztás oka az, hogy minden kötetést pontosan kétszer számoltunk meg). A Hess-tétel alapján a következő egyenlet írható fel a reakció energiaviszonyaira:

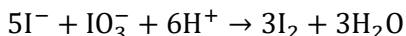
$$90x - 30 \cdot 946 = -6790$$

Ebből x értékére 240 adódik, ami szerint az N_{60} molekulában az N–N átlagos kötési energiájának értéke $240 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

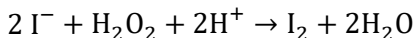
A beküldők több mint felét megtréfálta a feladat b) része, ők ugyanis nem vették figyelembe, hogy kovalens kötések szabad atomokból történő képződése során energia szabadul fel, továbbá néhányuk figyelmét az is elkerülte, hogy a folyamat során energia szabadul fel, ami miatt a reakció entalpiaváltozása negatív. Gyakori hibaforrást jelentett még az előbbieken kívül a kötési energia mértékegységének helytelen feltüntetése. Kiemelkedően szép megoldást küldött be Fajszki Bulcsú, Fraknói Ádám, illetve Széles Olivér. Átlagpontszám: 7,08 pont.

(Baglyas Márton)

H251. A só nagyon kevés jodidot tartalmaz, ezért ki kell használnunk, hogy a kálium-jodid sokkal jobban oldódik vízben, mint a nátrium-klorid. Ezt úgy érhetjük el, hogy sok sóhoz kevés vizet adunk, és az így kapott telített oldatot használjuk fel. A legegyszerűbb megoldás a sók azonosítására, hogy az oldataikat összeöntjük, és megsavanyítjuk sósavval. Az elegyekhez keményítőt adtunk, ami az egyik esetben kék színű lett. Ebből megállapíthatjuk, hogy melyik a két jódozott konyhasó.



Már csak a két jódozott sót kellett megkülönböztetni. Ezt a jodid oxidálásával a legkönnyebb meghatározni. Az oldatokhoz hidrogén-peroxidot vagy nátrium-perkarbonátot (fehérítő mosószerből) kell adni, és sósavval megsavanyítani. A keletkező jód keményítővel kimutatható.



A feladat nem bizonyult nehéznek, de sokan elfeledtek arról, hogy koncentrálni kell a kálium-jodidot.

(Borsik Gábor)

H252. Ha glicerint észteresítünk zsírsavakkal, akkor trigliceridek keletkeznek:



ahol R_1 , R_2 és R_3 alkilcsoportokat jelölnek, amelyek lehetnek azonosak illetve, különbözőek is. Figyeljük meg, hogy ha az R_1 és R_3 különböző, akkor a csillaggal jelölt szénatom kiralitáscentrum és a molekulának kétféle sztereoizomere létezik, amelyek enantiomerek.

Ha glicerint n -féle zsírsavval észteresítünk és a lehetségesen képződő trigliceridek számára vagyunk kíváncsiak, akkor az ismétléses variáció egy esetével állunk szemben. Az ismétléses variáció az a kombinatorikai probléma, amikor n különböző elemből választunk ki k elemet úgy, hogy egy elemet többször is kiválaszthatunk és az elemek sorrendje számít. Esetünkben az n az n -féle zsírsavat jelenti, míg a $k = 3$, ugyanis mindig 3 zsírsavat kell kiválasztani, hiszen a trigliceridek számát szeretnénk tudni. Felmerülhet a kérdés, hogy ilyenkor bizonyos triglicerideket nem

veszünk-e kétszer is figyelembe. Ugyanis ezzel a módszerrel beleszámoljuk például az $R_1R_2R_3$ alkilánc-sorrendet és az $R_3R_2R_1$ alkilánc-sorrendet is. Ez első gondolatra hibásnak tűnhet, azonban mégsem az, hiszen ezek különböző szerkezetek a kiralitásuk miatt. Ismétléses variáció esetén a különböző kiválasztások száma n^k , esetünkben tehát n^3 .

Sokan úgy számoltak, hogy három esetre bontották a problémát: amikor mindhárom alkilánc egyforma a trigliceridben, két különböző van közöttük, és mindhárom különböző.

Ha mindhárom alkilánc egyforma, akkor n -féle észteresítő zsírsav esetén n -féle triglicerid keletkezhet.

Ha kétféle alkilánccal számolunk, akkor először n -féle zsírsavból kell kettőt kiválasztani és ezeket kell sorba rendezni. A sorba rendezés hatféleképpen lehetséges: $R_1R_2R_2$ és $R_2R_2R_1$ (enantiomerek), $R_2R_1R_1$ és $R_1R_1R_2$ (enantiomerek), $R_1R_2R_1$, $R_2R_1R_2$.

Ha háromféle alkilánccal számolunk, akkor először n -féle zsírsavból kell hármat kiválasztani és ezeket kell sorba rendezni. A sorba rendezés hatféleképpen lehetséges: $R_1R_2R_3$ és $R_3R_2R_1$ (enantiomerek), $R_2R_3R_1$ és $R_1R_3R_2$ (enantiomerek), $R_2R_1R_3$ és $R_3R_1R_2$ (enantiomerek).

Összesen tehát ha glicerint n -féle zsírsavval észteresítünk:

$$n + \binom{n}{2} \cdot 6 + \binom{n}{3} \cdot 6 = n + \frac{n!}{2! \cdot (n-2)!} \cdot 6 + \frac{n!}{3! \cdot (n-3)!} \cdot 6$$

Vegyük észre, hogy a második két tag egyszerűsíthető

$$\begin{aligned} \frac{n!}{2! \cdot (n-2)!} &= \frac{n!}{(n-2)!} \cdot 3 = \frac{n(n-1)(n-2)!}{(n-2)!} \cdot 3 = 3n(n-1) \\ \frac{n!}{3! \cdot (n-3)!} \cdot 6 &= \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)!}{(n-3)!} = n(n-1)(n-2) \end{aligned}$$

Emiatt a képletünk is jelentősen leegyszerűsödik:

$$\begin{aligned} n + 3n(n-1) + n(n-1)(n-2) \\ = n + 3n^2 - 3n + n^3 - 3n^2 + 2n = n^3 \end{aligned}$$

Láthatjuk tehát, hogy ugyanahhoz az eredményhez jutottunk, mint az ismétléses variáció képletéből. Igazából mi sem csináltunk mást, mint levezettük az ismétléses variáció képletét a $k = 3$ esetre.

Tehát ha $n = 2$, akkor $2^3 = 8$, ha $n = 3$, akkor $3^3 = 27$ eltérő trigliceridet kaphatunk.

Az izomerek száma általánosan n -féle észteresítő zsírsav esetén n^3 .

A feladat nem bizonyult nehéznek, sokan küldtek be 10 pontos megoldást, a pontátlag 7,6. Sokan a második módszert választották az általános képlet felírására, de egyáltalán nem egyszerűsítettek, így viszont egy olyan képletet kaptak, ami csak akkor értelmezhető, ha $n \geq 3$, ehhez megfelelő diszkusszió kellett, amelyről néhányan elfeledkeztek: ezért 0,5 pontot vontunk le. Néhányan pedig az $n = 2$ és $n = 3$ esetre felírták az összes lehetséges szerkezetet és ebből következtettek az n^3 képletre, mindenféle indoklás nélkül, erre sem adtunk teljes pontszámot. Sokakban felmerült, hogy ha a zsírsavak között telítetlen is van, akkor felléphet cisz-transz izoméria is, de ezt a legtöbbben úgy oldották meg, hogy a cisz- és a transz-formát két különböző zsírsavnak tekintették az n -féléből. Mivel a feladat nem adott semmilyen információt a zsírsavakról, ezért ez a leginkább helyes megoldás. Azonban ha valaki ezzel valamilyen módon mégis számolt, azért nem járt pontlevonás.

(Palya Dóra)

H253. a) Elsőként használjuk ki azt az információt, hogy a **D** fém szulfidja leválasztható savas közegben, s jellegzetes színű (csak az **A** fém egyik szulfidja hasonló színű, de az sem annyira jellegzetes). Ez alapján az egyik logikus választási lehetőség a CdS-SnS₂ páros (a szulfidok sárga színűek). Tudjuk, hogy az **E** anyag az **A** fém oxidja, így két lehetőség adódik a korábbiból (CdO és SnO₂). Ezekre kiszámolva az oxid fémtartalmát, kiderül, hogy az **A** fém az ón (Sn), az **E** anyag ón(IV)-oxid (SnO₂), a **J** anyag az ón(IV)-szulfid (SnS₂), a **D** fém a kadmium (Cd) és az **I** anyag a kadmium-szulfid (CdS).

A **B** fémről tudjuk, hogy vízmentes biner kloridjának fémtartalma 66,27 m/m%, valamint, hogy csak erősen savas közegben nem hidrolizál. Kiszámolva, hogy milyen moláris tömeg adódik, ha a fém +1 es, +2-es, +3-as, illetve +4 oxidációs állapotú, azt kapjuk, hogy egyetlen (a korábbi feltételeknek megfelelő) megoldás adódik, a +3-as oxidációs állapotú esetben a bizmut-klorid. Tehát a **B** fém a bizmut (Bi).

A nitrátszennyező, ami ammónium-nitrát hatására keletkezett, csak a bizmutil-nitrát lehet (BiONO₃) (ez a nitrát rosszul oldódik). Hevítés után

pedig a bizmut oxidjának kellett keletkeznie, s mivel nem változott a fém oxidációs állapota, így ez az oxid nem lehet más, mint a Bi_2O_3 , ami az **F** anyag. A BiONO_3 hevítése során a **H** anyag keletkezett, melyről tudjuk, hogy 4,43%-os tömegvesztés után keletkezik **F**. Mivel tudjuk, hogy az **F** nem tartalmaz sem kristályvizet, sem hidrogént, így feltételezhetjük, hogy $\text{Bi}_x\text{O}_y(\text{NO}_3)_z$ összegképletű vegyület, és a bomlás során NO_2 távozik. Utánanézzve az irodalomban mindössze néhány opciót találhatunk, melyekre könnyedén ellenőrizhetjük a tömegvesztésüket, így adódik, hogy az **F** anyag a $\text{Bi}_5\text{O}_7\text{NO}_3$. A hevítés során lejátszódó reakció egyenlete:



A **C** fém szulfátjában 2,670 g a fém tömege és 1,238 g a szulfationé. A fémre létező moláris tömeget 1:1 molarányú csapadék esetén kapunk (207 g/mol). Tehát a **C** fém az ólom (Pb), ami egyben megfelel a további kritériumoknak is, a **G** anyag pedig az ólom-szulfát (PbSO_4).

Összefoglalva a betűkkel jelzett fémeket és vegyületeket:

A: Sn, **B:** Bi, **C:** Pb, **D:** Cd, **E:** SnO_2 , **F:** Bi_2O_3 , **G:** PbSO_4 , **H:** $\text{Bi}_5\text{O}_7\text{NO}_3$, **I:** CdS, **J:** SnS_2 .

b) Az összetétel kiszámítása az alábbi módon történik (10,00 g ötvözetben):

$$\text{A} = \text{Sn}: 1,689 \text{ g} \cdot 0,7877 = 1,33 \text{ g}$$

$$\text{B} = \text{Bi}: 5,574 \text{ g} \cdot (2 \cdot M(\text{Bi}) / M(\text{Bi}_2\text{O}_3)) = 5,574 \text{ g} \cdot (2 \cdot 208,98 / 465,96) = 5,00 \text{ g}$$

$$\text{C} = \text{Pb}: 3,908 \text{ g} \cdot 0,6832 = 2,67 \text{ g}$$

$$\text{D} = \text{Cd}: (10,00 - 1,33 - 5,00 - 2,67) \text{ g} = 1,00 \text{ g}$$

Tehát az ötvözet összetétele:

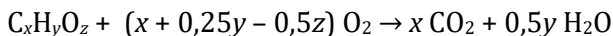
13,3 m/m% Sn; 50,0 m/m% Bi; 26,7 m/m% Pb és 10 m/m% Cd

c) Az ötvözet neve: Cerrobend vagy Wood-fém.

*A beküldöttek között nagyon sok hibátlan megoldás volt. A legnagyobb nehézséget a **H** anyag kitalálása okozta a versenyzőknek. Az átlagpontszám 9,3 lett.*

(Broda Balázs)

H254. Mivel nincs megadva a teljes térfogat, így vegyünk 1 mol $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ vegyületet és 4 mol oxigént. A lejátszódó reakció egyenlete:



Feltételezhetjük, hogy az O_2 feleslegben volt az égetésnél, mert elég valószínűtlen, hogy egy gáz-halmazállapotú, oxigént is tartalmazó szerves vegyület 1 móljának égéséhez nem elegendő 4 mol oxigén. Ez a feltételezés egyébként az eredmény ismeretében ellenőrizhető. Ha 1 mol szénhidrogén és 4 mol oxigén reagált, akkor a reakció után lesz:

$$\begin{aligned} &4 - (x + 0,25y - 0,5z) \text{ mol } O_2 \\ &x \text{ mol } CO_2 \\ &0,5y \text{ mol } H_2O \end{aligned}$$

A víz visszahűtés után folyadék, előtte viszont gáz. Ezek összege 650 K-en az összes gázmennyiség:

$$4 - (x + 0,25y - 0,5z) + x + 0,5y = 4 + 0,25y + 0,5z$$

A tökéletes gázok állapotegyenletét a m teljes tömeg és a ρ sűrűség segítségével a következő alakra lehet hozni: $pm = \rho nRT$.

A képletben p szokás szerint a nyomást, n a teljes anyagmennyiséget, R a gázállandót, T pedig a hőmérsékletet jelenti. A 300 K-es és 650 K-es elegyek tömege és nyomása azonos, ezért a reakció utáni anyagmennyiség könnyen kiszámolható:

$$n_{650 \text{ K}} = \frac{300 \text{ K} \cdot 5 \text{ mol}}{0,355 \cdot 650 \text{ K}} = 6,50 \text{ mol}$$

A paraméterekkel kiszámolt és a tényleges anyagmennyiség összehasonlításból írható fel a következő egyenlet:

$$6,50 = 4 + 0,25y + 0,5z$$

Ezt egyszerűsítve:

$$10 = y + 2z$$

Mivel y és z csak pozitív egész szám lehet, összesen négy megoldás lehetséges, $z = 1, 2, 3, 4$ és rendre $y = 8, 6, 4, 2$.

A 650 K-es gázelegy teljes tömege $\mu_{650 \text{ K}} = 12x + y + 16z + 128$, visszahűtés után ez $0,5y$ mol víz tömegével csökken, vagyis az érték $\mu_{270 \text{ K}} = 12x - 8y + 16z + 128$. Ez alapján a 3,200-as relatív sűrűség segítségével a következő egyenlet írható fel:

$$\frac{12x - 8y + 16z + 128}{12x + y + 16z + 128} = 3,200 \frac{270 \cdot (4 - 0,25y + 0,5z)}{650 \cdot (4 + 0,25y + 0,5z)}$$

Mivel y és z értékére csak a már felsorolt négy lehetőség van, ezek egyszerű behelyettesítésével meg lehet győződni arról, hogy csak a $z = 2$, $y = 6$ párhoz tartozik egész megoldás, erre $x = 2$. Vagyis a molekulaképlet $C_2H_6O_2$.

Hidroxilcsoportot tartalmazó, szobahőmérsékleten gáz-halmazállapotú vegyület nincsen. Ezért a szerkezeti képlet csak $CH_3-O-O-CH_3$ lehet, vagyis a vegyület a dimetil-peroxid.

A feladatra heten adtak be kifogástalan megoldást (10 pont), további öten csak próbált hibát vétettek (9 pont).

(Lente Gábor)

H255. a) Az oldhatósági szorzat alapján az ólom-szulfát csapadékkal egyensúlyban levő oldatban az ólomion koncentrációja $1,265 \cdot 10^{-4}$ M. Az ólom-jodid oldhatósági szorzatába behelyettesítve ezt a koncentrációt, azt kapjuk, hogy ha legalább annyi nátrium-jodidot oldunk az oldatban, hogy a $[I^-] = 2,949 \cdot 10^{-3}$ M legyen, akkor ólom-jodid csapadék kezd el leválni. Ekkor az $[Pb^{2+}]$ csökken, ami az ólom-szulfát oldódása felé tolja el az egyensúlyt.

Amikor az oldat egyszerre tartalmaz szulfát és jodid csapadékot is, akkor a következő összefüggés írható fel:

$$[I^-] = \sqrt{\frac{L(PbI_2)}{L(PbSO_4)} [SO_4^{2-}]} = 0,2622 \cdot \sqrt{[SO_4^{2-}]} \quad (1)$$

Ha az ólom-szulfát teljes oldódásakor keletkező szulfátkoncentrációkat helyettesítjük be az (1) képletbe, olyan jodidkoncentrációkat kaphatunk, amelyeket könnyen létre lehet hozni (0,06875 M-nál nagyobb szulfátkoncentrációknál a szükséges jodidkoncentráció a szulfáténál már kisebb). Tehát így át tudjuk alakítani ólom-jodiddá a szulfátcsapadékot.

Ilyenkor nem kell az átalakulást egyébként is elősegítő trijodo-plumbát komplex képződésével számolni, mivel az ólom-jodid csapadékkal egyensúlyban lévő komplex koncentrációja nagyon kicsi, ha az $[I^-]$ is kicsi:

$$[PbI_3^-] = 10^{4,65} \cdot L(PbI_2) \cdot [I^-] = 4,9135 \cdot 10^{-5} \cdot [I^-] \quad (2)$$

b) Az ólom-jodid csapadék jodidoldatban történő oldódásakor a csapadékból az oldatba kerülő jodidion mennyisége elhanyagolható, ezért tekinthetjük úgy, hogy az oldatban az összes jodidkoncentráció 1 M, ami szabad jodidion és trijodo-plumbát komplex formájában van jelen:

$$c_I = 1 \text{ M} = [I^-] + 3 \cdot [PbI_3^-] = [I^-] + 3 \cdot 4,9135 \cdot 10^{-5} \cdot [I^-]$$

Az összeg második tagja jóval kisebb, ezért $[I^-] = 1 \text{ M}$, amiből meghatározhatjuk $[Pb^{2+}]$ -t és $[PbI_3^-]$ -t. Az ólom-jodid oldhatóságát felírhatjuk a szabad $[I^-]$ függvényében:

$$c_{Pb} = [Pb^{2+}] + [PbI_3^-] = \frac{L(PbI_2)}{[I^-]^2} + 4,9135 \cdot 10^{-5} \cdot [I^-]$$

$$c_{Pb} = \frac{1,1 \cdot 10^{-9}}{[I^-]^2} + 4,9135 \cdot 10^{-5} \cdot [I^-]$$

Behelyettesítve az $[I^-] = 1 \text{ M}$ értéket megkapjuk, hogy az oldhatóság $c_{Pb} = 4,91 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. Tehát az ólomionok nagyrészt komplex formában vannak jelen, és reális volt a beoldódó szabad ólomionok elhanyagolása.

c) Az ólom-jodid oldhatóságát a b) részben leírtak szerint kifejezhetjük $[I^-]$ függvényében. Ennek a kifejezésnek keressük a minimumát. A minimumot meghatározásához használhatunk differenciálást vagy megfelelő szoftvert.

Azt kapjuk, hogy a minimum $[I^-] = 3,55 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ -nél van, tehát amíg $[I^-]$ ennél kisebb, addig a jodidkoncentráció növelése csökkenti az ólom-jodid oldhatóságát.

d) Ennek az alkérdésnek a fordítása nem lett egyértelmű. Értelmezhető úgy is, hogy teljesen elbontható-e, eltüntethető-e a komplex az oldatból. Erre a kérdésre egyértelmű nem a válasz, hisz a csapadékokkal egyensúlyban ólom- és jodidion is marad az oldatban, amelyekből kevés komplex mindig képződik. Ez volt az eredeti orosz feladat kérdése.

A másik értelmezés, hogy szulfát-oldat hozzáadására eltolódik-e a komplex képződésének egyensúlya a bomlás felé. Erre a kérdésre viszont egyértelmű igen a válasz, ugyanis a komplex bomlását egyszerű hígítással is elő lehet segíteni, nem is szükséges szulfát-oldat hozzá. Elég a komplex képződési egyensúlyának állandóját megvizsgálni, és látszik, hogy hígításra a nevező jobban csökken, az egyensúly a bomlás felé

tolódik. Ha nincs feleslegben jodid jelen, akkor ólom-jodid csapadék is válik le.

Ennek az esetnek egy érdekes rész kérdését érdemes megvizsgálni: mikor válik le ólom-szulfát csapadék is szulfátiont tartalmazó oldat hatására a komplexet tartalmazó oldatból (a hígításra leváló ólom-jodid mellett). Akkor kell a legkevesebb szulfátiont adni az oldathoz, ha a lehető legkisebb jodidfelesleg van jelen, azaz ha az ólom-jodidra is telített az oldat, nem csak a szulfátra. Ekkor a trijodo-plumbát komplex egyensúlyi koncentrációjának függvényében az (1) és (2) egyenlet megadja, hogy mekkora szulfátkoncentrációnál kezdődik a szulfátcsapadék leválása.

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{[\text{PbI}_3^-]^2}{(4,9135 \cdot 10^{-5})^2(0,06875)} = 6,02 \cdot 10^9 \cdot [\text{PbI}_3^-]^2$$

Tekintsük a b) kérdés esetét, ahol $[\text{I}^-] = 1 \text{ M}$ és $[\text{PbI}_3^-] = 4,9135 \cdot 10^{-5} \text{ M}$. Ekkor a szükséges szulfátkoncentráció $[\text{SO}_4^{2-}] = 14,5 \text{ M}$, míg nátrium-szulfátból csak kb. 1 M oldat készíthető. Itt nagyon kicsi mennyiségű komplex mellett sem tud leválni a szulfátcsapadék, de a c) pontban tárgyalt oldatnál, amiben még ennél is kevesebb a komplex, annak egy része – igen kevés ugyan – de szulfátként válna le a reakcióban.

A két vegyület oldhatóságát az a) pontban oldhatósági szorzatok összevetésével nem lehet összehasonlítani, mert más a dimenziójuk. A d) pont esetén mindkét lehetséges értelmezést elfogadtuk.

(Simkó Irén)