

## Feladatok

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

**A megoldásokat 2018. november 14-ig lehet a [kokel.mke.org.hu](http://kokel.mke.org.hu) honlapon keresztül feltölteni, vagy postára adás után regisztrálni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük. A postacím:**

**KÖKÉL Gondolkodó**

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

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

**K299.** Vendel 20. születésnapjára szép ajándékkal készültek a szülei. Egy  $20\text{ cm}^3$  térfogatú ampullába pontosan 20 g kalciumot (rendszáma 20) készültek lezárni. Felmerült a probléma, hogy ha az ampullában levegő lesz, akkor a fém oxidációja miatt megváltozik a szilárd anyag tömege.

a) *Számítsd ki, hogy mekkora tömegváltozást várunk! A bezárt levegőt vegyük vízmentesnek, nyomása légköri, hőmérséklete  $20\text{ }^\circ\text{C}$  (nyilván), és csak az oxigénnel való reakcióval számoljunk!*

b) *Zavarná-e Vendelt ez a tömegváltozás?*

Aki egy kicsit is ismeri Vendelt, nem sokat gondolkodott a b) kérdésen. Úgyhogy a szülei is más lehetőséget kerestek. Mi lenne, ha levegő helyett nemesgázzal töltenék fel az ampullát? Sőt, legyen a bezárt nemesgáz tömege 20 mg (légköri nyomást és  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -ot feltételezve)!

c) *Megvalósítható-e ez a tökéletes ajándék? Ha igen, hogyan?*

(Zagyi Péter)

**K300.** A kalciumnak, Vendel aktuálisan kedvenc elemének a természetben előfordul egy meglepően „nehéz” izotópja, a  $^{48}\text{Ca}$ . Ráadásul

gyakorlatilag stabilnak tekinthető, minthogy a felezési ideje csaknem  $10^{20}$  év.

- a) *Léteznek-e még olyan  $^{48}\text{Ca}$  atommagok itt a Földön, amelyek már bolygónk születésekor is jelen voltak a Naprendszerben?*
- b) *A  $^{48}\text{Ca}$  a radioaktív bomlás egy igen ritka típusát mutatja. Mi ennek a neve? Mi a bomlástermék?*
- c) *A  $^{48}\text{Ca}$  előfordulási aránya 0,187 n/n% a természetes kalciumban. Hány  $^{48}\text{Ca}$  atom lesz Vendel születésnap ajándékában (ld. K299. feladat)?*
- d) *Milyen gyakorlati jelentősége van a  $^{48}\text{Ca}$  izotópnak a kutatásokban napjainkban?*

(Zagyi Péter)

**K301.** *Hozzávetőleg mekkora a Földet felépítő atomok átlagos relatív atomtömege?*

Azaz: ha majd egyszer az intergalaktikus bolygómúzeumban kiállítják a Földet eredeti méretében, de csak egyetlen kémiai elemből készítik el, melyik elem lenne az alapanyag, hogy mind a tömegét, mind az atomok számát tekintve a legjobban megközelítse az eredetit?

Ismert a Föld hozzávetőleges elemi összetétele tömegszázalékban:

vas: 32,1%; oxigén: 30,1%; szilícium: 15,1%; magnézium: 13,9%; kén: 2,9%; nikkkel: 1,8%; kalcium: 1,5%; alumínium: 1,4%

(Zagyi Péter)

**K302.** Vendel kétféle kódolással is elküldte üzenetét.

1782177217941843175118011843181717721794  
527396828236834739

Kár, hogy a szóközöket egyikben sem jelölte.

- a) *Fejtsd meg az üzenetet!*
  - b) *Amelyik kódolással lehetséges, válaszolj neki ezzel a mondattal!*
- Igen? Nagyon fogok teperni! Este indul a buli!

(Zagyi Péter)

**K303.** „Bús düledékeiden, Husztnak romvára megállék;”

(Kölcsey Ferenc)

„Áfásszámla-igényét, kérjük, előre jelezze!” (ismeretlen szerző)

„Tejcsokoládé sárgabarack- és kekszdarabokkal” (ismeretlen szerző)

A fenti három idézet közös vonása, hogy hexameterben íródtak.

*Írjatok, keressetek kémiai témájú hexametereket!*

(Zagyai Péter)

**K304.\*** A kalifornium-252-t tartják a világ legdrágább anyagának: 1 grammja kb. 27 millió dollárba kerül.

a) *Hozzávetőleg hányszorosa ez az ár az aranyénak (jelenlegi árfolyamon)?*

A  $^{252}\text{Cf}$  a természetben gyakorlatilag nem található meg, atommag-átalakítással állítható elő. Radioaktív izotópról van szó, amelynek bomlása az esetek 97%-ában alfa-bomlás, 3%-ban azonban spontán maghasadást szenved, s eközben neutronok szabadulnak fel – hasadásonként átlagosan 3,7. Emiatt igen intenzív neutronforrás: 1 mikrogramm  $^{252}\text{Cf}$  kb. 2,3 millió neutronot bocsát ki másodpercenként.

b) *Hány alfa-bomlás történik 1 mikrogramm  $^{252}\text{Cf}$ -ben 1 másodperc alatt?*

c) *Hány dollárral csökken a „friss”  $^{252}\text{Cf}$  értéke 1 perc alatt? (Tételezzük fel, hogy 1 perc alatt a radioaktív bomlás sebessége állandó, ill. a bomlástermékek ára elhanyagolható.)*

(Zagyai Péter)

**K305.\*** A műtrágyák nitrogén-, foszfor- és káliumtartalmát három számmal jellemzik. Például így: NPK 5-22-7. Ezek rendre a következőket jelentik:

5 – ennyi  $m/m\%$  nitrogént tartalmaz a műtrágya

22 – ennyi  $m/m\%$   $\text{P}_2\text{O}_5$ -ot tartalmazna a műtrágya, ha a teljes foszfortartalma  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ként lenne jelen

7 – ennyi  $m/m\%$   $\text{K}_2\text{O}$ -ot tartalmazna a műtrágya, ha a teljes káliumtartalma  $\text{K}_2\text{O}$ -ként lenne jelen.

a) *Mi az így megadott összetétele annak a háromkomponensű műtrágyának, amely egyenlő tömegű ammónium-nitrátot, kálium-dihidrogén-foszfátot és ammónium-hidrogén-foszfátot tartalmaz?*

Létezhetne olyan egykomponensű műtrágya, amely mindhárom elemet tartalmazza. Ez lehetne pl. kálium-ammónium-dihidrogén-foszfát  $[K_x(NH_4)_{1-x}(H_2PO_4)]$ . Ilyen összetételű kristályokat, ha nem is könnyen, de  $x$  tetszőleges értékével elő lehet állítani, a kapott anyag stabilan eltartható.

b) *Bizonyos célra olyan anyag lenne szükséges, amelyben  $N$  értéke legalább 10,  $P$  értéke viszont nem haladja meg az 58-at. Lehetséges ilyen összetételű kálium-ammónium-dihidrogén-foszfátot előállítani? Ha igen, milyen  $x$  értékeknél valósítható meg?*

c) *Lehetséges-e az  $N > 5$  és  $K > 20$  feltételek egyidejű teljesülése? Ha igen, milyen  $x$  értékekre?*

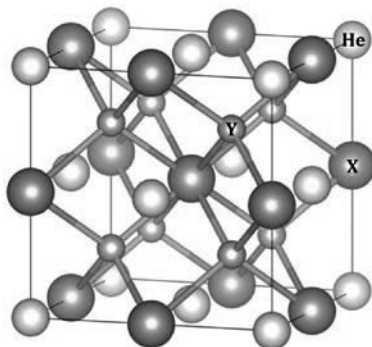
Igen nehéz előállítani olyan sót, amelyben kálium- és ammóniumionok mellett foszfátionok találhatóak. Az ilyen vegyületek nagyon instabilak, már szobahőmérsékleten bomlanak, jellegzetes szagot árasztva.

d) *Milyen szagot érzünk? Mi a magyarázata a foszfát- és a dihidrogén-foszfát-sók stabilitása közti különbségnek?*

(Zagyi Péter)

**K306.\*** Miután a közelmúltban sikerült nagy nyomáson héliumvegyületet előállítani (erről szólt a K276. feladat), tovább folytatódott ilyen egzotikus anyagok keresése. Elméleti számítások azt valószínűsítik, hogy számos egyszerű ionvegyület képes reakcióba lépni héliummal akár 30 GPa alatti nyomáson is, és ilyen körülmények között stabil, jól meghatározott összetételű vegyületet alkotni vele. Érdekes, hogy feltehetően azok az ionvegyületek mutatkoznak reaktívnak, amelyekben nem egyenlő a kationok és az anionok száma.

Az alábbi ábra egy ilyen anyag kristályrácsának elemi celláját mutatja.  $X$  és  $Y$  egyszerű ionokat jelölnek. (Az elemi cella az a legkisebb egység, amelynek eltolásával a teljes kristályrács megkapható.)



a) *Add meg a vegyület tapasztalati képletét (egyelőre X és Y jelöléseket használva)!*

Ehhez vedd figyelembe, hogy az ionok egy része, ill. a héliumatomok nem csak ehhez az elemi cellához tartoznak. A héliumatomok, mint látható az ábrán, a kocka csúcsain és a lapok középpontjában helyezkednek el. Az X ionok a kocka éleinek felezőpontjában vannak, ill. van egy, amely a kocka középpontjában. Az Y ionok mind a kocka belsejében helyezkednek el. (Abban, hogy melyik részecskét mekkora hányadban kell egy elemi cellához számolni, segíthet a már említett korábbi feladat tanulmányozása.)

b) *Mi lehet az X és az Y ion, ha tudjuk, hogy a vegyület héliumtartalma 6,03 m/m%?*

(Zagyi Péter)

**H291.** A szén természetben fellelhető izotópjai közül a radioaktív 14-es atomok gyakorisága igen kicsi. Így nyugodtan feltételezhető, hogy a széntartalmú molekulákat csak 12-es és 13-as tömegszámú szénatomok építik fel. A 13-as tömegszámú szénatomok relatív gyakorisága 1,10%.

a) *Mekkora annak a mintának a minimális tömege, amiben 1 nanomol olyan  $C_{60}$  molekula van, amit csak 12-es tömegszámú szénatom építi fel?*

b) *Mekkora annak a mintának a minimális tömege, amiben 1 nanomol olyan  $C_{60}$  molekula van, ami pontosan 1 db 13-as tömegszámú szénatomot tartalmaz?*

c) Legalább hány szénatom építi fel azt a (nem feltétlenül létező) molekulát, amelynél a molekulák legalább fele tartalmaz 13-as tömegszámú szénizotópot?

(Vörös Tamás)

**H292.** Egy kaloriméterben égéshőt lehet meghatározni: a vizsgálni kívánt anyag ismert tömegét bemérjük a készülékbe, majd elégetjük. A kaloriméter nagy pontossággal mérhető felmelegedése ilyenkor egyenesen arányos az égés során keletkező hőmennyiséggel. A következő anyagokat vizsgáljuk:

<i>anyag</i>	<i>tömeg</i>	<i>hőmérséklet-növekedés</i>
grafitedény	4,53 g	2,734 °C
grafitedény + metán	4,53 g + 1,03 g	3,788 °C
cetán (hexadekán)	2,90 g	2,524 °C
etanol	3,44 g	1,880 °C
cellulóz	3,13 g	1,007 °C
a <i>cisz-oktadec-9-énsav</i> metilésztere	2,76 g	2,039 °C

a) Számold ki a grafit, metán, cetán, etanol, cellulóz és a *cisz-oktadec-9-énsav* metilészterének az égéshőjét, ha tudjuk, hogy a szén-dioxid képződéshője  $-393,5$  kJ/mol!

A felsorolt anyagok mind egy-egy gyakori energiahordozó modellvegyületei. Manapság a globális felmelegedés és az üvegházhatás miatt egyre fontosabbá válik egy energiahordozó szén-dioxid-intenzitása, amely megadja az egységnyi hő fejlődése során keletkező  $\text{CO}_2$  tömegét.

b) A kaloriméteres adatok alapján becsüld meg a következő anyagok szén-dioxid-intenzitását g/MJ egységben:

- kőszén (modell: grafit)
- földgáz (modell: metán)
- dízel (modell: cetán)

- cellulóزالapú bioetanol (ne feledjük, hogy ez fermentációval készül cellulózból)
- fa (modell: cellulóz)
- biodízel (modell: a *cisz*-oktadec-9-énsav metilésztere)

(Lente Gábor)

**H293.** Az előző feladatban már volt szó az energiahordozók széndioxid-intenzitásáról. Ha nem fűtésről, hanem elektromos áramról van szó, akkor ennek definíciója az egy kWh elektromos energia előállítását kísérő CO<sub>2</sub>-kibocsátás, szokásos mértékegysége g/kWh.

Elektromos energiát hőerőgépek helyett általában jóval hatékonyabban lehet tüzelőanyag-cellákban előállítani, ez a **H292.** feladatban felsorolt anyagok közül ez etanollal, metánnal, cetánnal és a *cisz*-oktadec-9-énsav metilészterével is lehetséges. Egyetlen cella feszültségét a következő táblázat adja meg a különböző anyagokra:

<i>anyag</i>	<i>feszültség</i>
metán (10 <sup>5</sup> Pa)	954 mV
cetán	986 mV
etanol	1030 mV
a <i>cisz</i> -oktadec-9-énsav metilésztere	999 mV

a) Ezen adatok alapján becsüld meg a következő energiahordozók áramtermelésre vonatkozó szén-dioxid-intenzitását!

- földgáz (modell: metán)
- dízel (modell: cetán)
- cellulóزالapú bioetanol (ne feledjük, hogy ez fermentációval készül cellulózból)
- biodízel (modell: a *cisz*-oktadec-9-énsav metilésztere)

A kőszén és fa közvetlenül nem használhatók tüzelőanyag-cellában: ezeknél csak az a lehetőség, hogy az égésüknél keletkező hóból egy hőerőgép 25%-os hatékonysággal állít elő elektromos energiát.

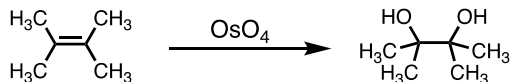
b) *Becsüld meg a kőszén és a fa áramtermelésre vonatkozó szén-dioxid-intenzitását, ha tudjuk, hogy a modellnek tekintett elemi szén égéshője 393,5 kJ/mol, a cellulózé pedig 2834 kJ/mol!*

Azt gondolhatnánk, hogy a hidrogén szén-dioxid-intenzitása nulla, mert nincs benne szén. Azonban a manapság egyedülként versenyképesnek számító ipari hidrogén-előállítás a metán és a vízgőz reakcióján alapul. Ha egy tüzelőanyag-cellában  $10^5$  Pa nyomású hidrogént használunk, akkor annak feszültsége 1106 mV.

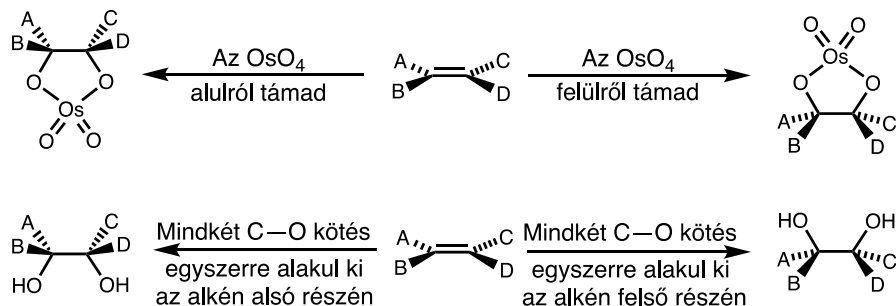
c) *Ezen adatok alapján becsüld meg az ipari hidrogén szén-dioxid-intenzitását!*

(Lente Gábor)

**H294.** Az alkéneket ozmium-tetroxiddal reagáltatva vicinális diolok képződnek.



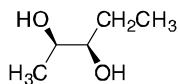
Ez a reakció nagyon hasznos, mert a termék sztereokémiája egyértelmű. Ugyanis az új kötések egyszerre, a kettős kötés azonos oldalán alakulnak ki. Az első lépésben a kettős kötés egyik oldalán az ozmiumvegyület támadásában gyűrűs szerkezet alakul ki, majd a hidrolízis után mindkét OH csoport ugyanazon az oldalon lesz, így csak bizonyos sztereoizomerek keletkeznek.



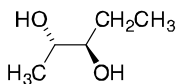
a) *Mi az ozmium oxidációs száma az ozmium-tetroxidban és a gyűrűs szerkezetben? Milyen szerepet tölt be ebben a reakcióban?*



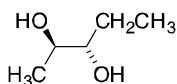
Az alábbi diolnak négy sztereoizomere létezik.



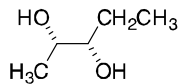
i



ii



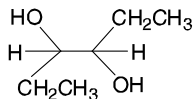
iii



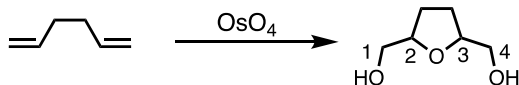
iv

b) Rajzold fel mindegyikhez annak az alkénnek a szerkezetét, amiből az ozmiumos reakcióban keletkezik!

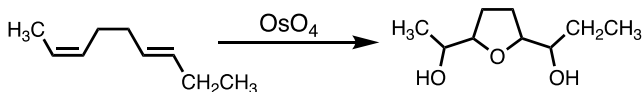
c) Hány sztereoizomere van az alábbi diolnak? Rajzold fel szerkezetüket, és add meg, hogy melyik alkénből keletkeznének az ozmiumos eljárásban!



Bizonyos, két kettős kötést tartalmazó molekulák esetén a beépülő oxigének egyike a termékben két szénatomhoz is kapcsolódhat, azaz gyűrű is képződhet. A folyamat sztereokémiája ilyenkor is egyértelmű. A négy keletkező C-O kötésből kettő-kettő (az ábrán az 1-2 és a 3-4) egyidőben, egy adott kettős kötés azonos oldalán alakul ki.



d) A termék 16 lehetséges sztereoizomere közül melyek keletkezhetnek az alábbi reakcióban?



(brit feladat)

**H295.** Az áthidalt gyűrűs vegyületek a szerves vegyületek egy fontos családja. Az alábbi vegyületek ezen család képviselői, nevük rendre: **A**: biciklo[2.2.1]heptán; **B**: biciklo[2.2.2]oktán; **C**: biciklo[3.2.1]oktán.

**A****B****C**

A biciklo[7.3.1]tridekán (**D**) előállításánál két izomerhez jutottak, míg a biciklo[6.5.1]tetradekán (**E**) előállításánál három izoláltak. Az izolált anyagok egyike **D** és **E** esetében is valójában enantiomerek keveréke.

Vázold fel a **D** és **E** vegyületek szerkezetét és az izomerek térszerkezetével magyarázd a jelenség okát!

(Varga Szilárd)