

GONDOLKODÓ



Feladatok

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

A megoldásokat 2019. március 11-ig lehet a 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

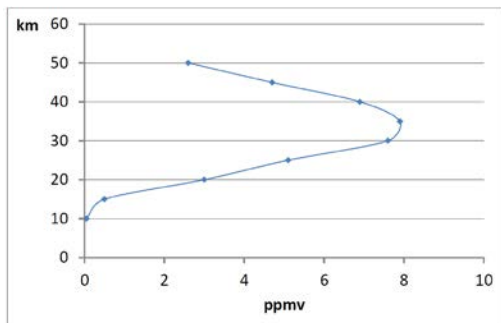
A **K** feladatsorra beküldött megoldásokból a legjobb 5 feladatot számítjuk csak be fordulónként. A 11-12. évfolyamos diákok esetében a nehezebb (csillagozott) példák mindenképp bekerülnek az 5 közé.

K315. Vendelnek van egy visszatérő rémálma. Röpdolgozatot írnak kémiából, a rövid feladat pedig így szól: *100 g kémiai elem db protont tartalmaz. Mi ez az elem?* (A pontok helyén egy konkrét szám szerepel, de azt sosem tudja megjegyezni.) A feladat könnyű, sikerül is megoldania, pontosan kijön az eredmény. A következő órán kiosztják a dolgozatot: egyes. De hiszen kijött! Csakhogy ő az Avogadro-állandó szokásos $6 \cdot 10^{23}$ számértékével dolgozott, a tanár viszont a pontos értékkel való számolást várta volna el. És olyan pechje volt, hogy a kerekített értékkel is kapott megoldást, de nem azt, amit a tanár várt.

Lehetséges ez? Ha igen, milyen szám szerepel a pontok helyén?

(Zagyi Péter)

K316. Arra a kérdésre, hogy hol található az ózonréteg a Föld légkörében, gyakran mutatnak be az alábbihoz hasonló ábrát. Ezen azt látjuk, hogy átlagosan a levegő hányad része ózon egy bizonyos tengerszint feletti magasságon. (A ppmv milliiodod térfogatrészt jelent.) Ebből arra is következtethetnénk, hogy kb. 35 km-es magasságban figyelhető meg a legnagyobb „ózendúsulás”.



Valójában azonban az UV-elnyelés szempontjából fontosabb információ az ózonmolekulák koncentrációja egy adott térfogategységben.

Vázold fel az ózonkoncentráció-magasság görbét! Hozzávetőleg milyen magasságban a legnagyobb az ózonkoncentráció?

A számításhoz a következő átlagos hőmérséklet- és nyomásértékeket használd:

magasság/km	p/Pa	$T/^{\circ}\text{C}$
10	26200	-50
15	12040	-56
20	5475	-56
25	2511	-51
30	1172	-47
35	559	-36
40	278	-22
45	143	-8
50	76	-3

(Zagyi Péter)

K317. A szerves vegyületek csoportosításának szempontjai a kívüállók számára nem tűnnek mindig logikusnak. Vizsgáljuk meg a következő két nagy vegyületcsaládot:

(1) Egy darab oxigénatom épül be egyszeres kötésekkel egy telített szénhidrogén molekulájába.

(2) Egy darab nitrogénatom épül be egyszeres kötésekkel egy telített szénhidrogén molekulájába.

Mutasd be a két vegyületcsalád szokásos csoportosítását! Mutass rá az eltérésekre és keress magyarázatot az eltérő csoportosítási szempontokra!

(Zagyi Péter)

K318. Rembrandt festményeinek különleges hangulatát a művész egyedi festékhasználata alapozza meg. Sokáig nem tudták kideríteni, hogy milyen újításokat valósított meg e téren. A közelmúltban alapos műszeres vizsgálatnak vetettek alá több festményének felső, ún. impasztó rétegéből vett mintákat, és egy igen ritka ásványt, a plumbonakritot $[\text{Pb}_5(\text{CO}_3)_3\text{O}(\text{OH})_2]$ azonosítottak. Ebből arra következtettek, hogy Rembrandt másféle összetételű impasztót használt, mint legtöbb kortársa, talán ő maga dolgozott ki újfajta eljárást.

A korban igen elterjedt volt az ólomfehér nevű pigment. Ez lényegében cerusszit $[\text{PbCO}_3]$ és hidrocerusszit $[\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ keveréke. Úgy állították elő, hogy ólomlemezt helyeztek ecetet is tartalmazó edénybe, és a napok alatt képződő fehér bevonatot időnként lekaparták. (Az ecetsav lényegében csak katalizátorként szolgál, a levegő összetevői vesznek részt a reakcióban.)

A kutatók úgy vélik, hogy Rembrandt litargitot (PbO) tartalmazó lenolajat használhatott (sőt a keveréket huzamosabb ideig melegen is tartotta). Kísérletek igazolták is, hogy magából a litargitból plumbonakrit keletkezik a levegőn, de az ólomfehér mindkét összetevője is képes levegőn reakcióba lépni a litargittal, és e reakciókban plumbonakrit keletkezik.

a) Írd fel az ólomfehér összetevőinek előállítását leíró reakcióegyenleteket!

b) Írd fel a plumbonakrit keletkezésének reakcióegyenletét

- *litargitból*
- *litargitból és cerusszitból*
- *litargitból és hidrocerusszitból!*

(Zagyi Péter)

K319. Az ammóniát sokáig nem tekintették jelentős légszennyező anyagnak, az utóbbi időben azonban egyre több kutatás foglalkozik vele. Ellentétben más szennyező gázokkal, az ammóniakibocsátás fő forrása a mezőgazdaság.

a) *Konkréten milyen folyamatok révén kerülhet ammónia a légkörbe az intenzíven művelt mezőgazdasági területekről?*

Kínában, amely az egyik legnagyobb kibocsátó, kutatások bizonyították, hogy az ammónia mérsékli a csapadék savasságát (vagyis némiképp ellensúlyozza a savas esőt okozó gázok hatását), ugyanakkor épp e folyamat révén jelentősen növeli a légköri aeroszol koncentrációját. (Aeroszolnak a levegőben lebegő apró szilárdanyag-szemcséket nevezik.)

b) *Reakcióegyenletek felírásával támaszd alá ezeket a tényeket!*

A közelmúltban műholdas mérések segítségével térképezték fel az ammóniakibocsátást a Földön. A Kínai-alföld bizonyos területein évi átlagban $7 \cdot 10^{13}$ ammóniamolekula/cm²/perc emissziót mértek, miközben Kína teljes ammóniakibocsátását 12 Tg (teragramm) NH₃ / évre becsülik. *Hányszorosa az említett kínai-alföldi érték az országos átlagnak?*

(Zagyi Péter)

K320. 2019 a Periódusos Rendszer Éve. Tervezzetek társasjátékot, amelynek játéktere a periódusos rendszer! (Lehet rögzített, de változtatható elrendezésű is.) A játékmenetben ne csak a szerencse játsszon szerepet, legyen szükség kémia tudásra is. A játék részletes leírását (a játékszabályt) küldjétek be!

(Zagyi Péter)

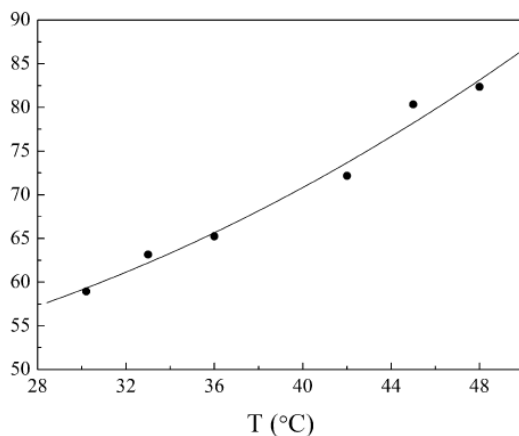
K321.* Ha telített aszkorbinsav (C-vitamin)-oldatba lassan lítium-karbonátot adagolunk a pezsgés megszűnéséig, majd az oldatot

lehűtjük, szintelen lítium-aszkorbát-dihidrát kristályok képződését tapasztaljuk.

200 g 50 °C-on telített aszkorbinsavoldatból kiindulva hány °C-on várható a kristályok megjelenése az oldatban?

Az aszkorbinsav oldhatósága vízben 50 °C-on 69,5 g / 100 g víz. A lítium-aszkorbát oldhatóságának hőmérsékletfüggését a következő grafikon mutatja. (A pontok konkrét mérési eredmények.)

A reakció során az aszkorbinsav egyértékű savként viselkedik.



A lítium-aszkorbát oldhatósága vízben (g/100 g víz egységben) a hőmérséklet függvényében

(Zagyi Péter)

K322.* A lutécium-gallium-gránát ($\text{Lu}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$) egy olyan összetett oxid, amely – noha biztosan nem tekinthető tisztán ionvegyületnek – leírható úgy, hogy a megfelelő egyszerű ionok foglalják el az egyébként bonyolult elemi cella adott pozícióit.

a) Mik ezek az ionok a vizsgált vegyület esetén?

Ha a lutéciumionok egy részét kalciumionokkal, más részét pedig Cr^{4+} ionokkal helyettesítjük, egy szép rózsaszínű anyaghoz jutunk. Egy ilyen mintában 0,3799 m/m% kalciumtartalmat mértek.

b) A lutéciumionok hány százalékát helyettesítik kalciumionok a vizsgált anyagban?

(Zagyi Péter)

Szokás szerint a jelen feladatsor a 2019. évi Nemzetközi Kémiai Diákolimpia gyakorlóiból tartalmaz példákat.

H301. A szőlőlében levő glükóz fermentációja alkohollá a bortermelés legfontosabb lépése.

a) *Írd fel az alkoholos erjedés egyenletét! Mekkora a reakcióhő? Számítsd ki a reakciópartnerek képződéshőjéből!*

A borok etanoltartalma széles határok között mozog. Egy könnyű német rizlingben lehet csak 7 vegyesszázalék, míg egy dél-francia testes vörösboré 14% felett is lehet. A következő mérést végezték el. A bort desztillált vízzel 50,0-szeres térfogatra hígították. Ezt az oldatot csepegtették 0,0050 M kálium-dikromát 100 cm³ kénsavas (0,10 M) oldatába. Az ekvivalenciapont 15 ml-nél volt.

b) *Írd fel az etanol és a dikromácion reakcióját! Mi volt ezek szerint a bor térfogatszázalékos alkoholtartalma?*

c) *Mekkora volt a kromátoldat pH-ja a csepegtetés előtt és az ekvivalenciapontban? Tekintsd a kénsavat erős, egyértékű savnak! Lehetne az ekvivalenciapontot a pH követésével figyelni?*

A feladat egy másik változata a kénsavat erős kétértékű savnak tekintette. Tudjuk, hogy a második disszociáció pK_s értéke 1,92.

d) *Mekkora eltérést okozott az, és mekkora hibát okoz a jelenlegi közelítés a valódi pH értéktől 0,10 M kénsavoldat esetében?*

A borászati gyakorlatban az alkoholtartalom pontos mérését desztilláció előzi meg, valamint a dikromátos reagenst is feleslegben használják.

e) *Milyen problémákat küszöbölnék így ki?*

(francia feladat)

H302. Egy Franciaországban is fellelhető, látványos ásvány összegképlete $A_5(PO_4)_3B$. Kristályának elemi cellája hexagonális, a térfogatát a $V = abc \sin 120$ adja meg. Az élek hossza $a = b = 0,999$ nm, $c = 0,733$ nm. Egy cellában a képlet kétszeresének megfelelő számú atom van.

Az ásvány 1,000 g tömegű mintáját tömény salétromsavban teljesen feloldották, majd KOH-dal kb. pH 5-re semlegesítették. 1,224 g kálium-

jodid volt szükséges 1,700 g élénksárga csapadék mennyiségi leválasztásához.

a) *Mi volt az ásvány képlete? Mi történt volna, ha a jodidot feleslegben használták volna?*

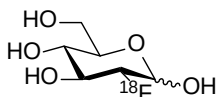
Bizonyos esetekben az ásványt a **C** kation nem elhanyagolható mértékben szennyezi. Az **A** atomtömege a **C** atomtömegének 3,98-szorosa. Egy így szennyezett ásvány 1,00 grammját salétromsavban feloldották. Az oldathoz Na_2SO_4 -ot adva fehér csapadékot szűrtek le. A szűrletet ammóniaoldattal kezelve, a levált $\text{C}(\text{OH})_3$ csapadékot kénsavban visszaoldották. Ezt a kénsavas oldatot Ag^+ katalizátor mellett $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ -tal hosszasan forralták, majd $100,00 \text{ cm}^3$ törzsoldatot készítettek belőle. Ennek $10,00 \text{ cm}^3$ -es részletéhez $10,00 \text{ cm}^3$ 1,00 M savas $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ -oldatot adtak, és az elegyet $9,44 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ KMnO_4 -oldattal titrálták. A fogyás $15,0 \text{ cm}^3$ lett.

b) *Micsoda C? Hány százaléka volt a mintának? Írd fel az analízis reakcióegyenleteit! Mi a kiindulási só képlete?*

c) *Az így kitűzött feladat ugyan megoldható, de a szerzők megfélekeztek valamiről, és a leírásnak megfelelően nem lehetne az analíziseket elvégezni. Miről feledkeztek meg?*

(francia feladat)

H303. A pozitronemissziós tomográfia (PET) olyan orvosi képalkotó módszer, amelyben a szervezetbe radioaktív, pozitronokat kibocsátó izotópokat visznek be, és ezek eloszlását követik. Az egyik leggyakoribb ilyen izotóp a ^{18}F (felezési ideje 109,74 perc). A legnépszerűbb jelölt molekula a 2-deoxi-2- ^{18}F -fluoro-glükóz (^{18}F -FDG).



^{18}F -FDG

a) *Írd fel a fluorizotóp radioaktív bomlásának egyenletét! Rajzold fel a bomlástermékként keletkező hexóz szerkezetét!*

Az izotóp radioaktivitását számszerűleg az aktivitással szokták jellemezni, amelynek mértékegysége a becquerel, Bq, a másod-

percenkénti bomlások száma. Ez nyilván arányos az izotópmagok számával: $A = \lambda N$, ahol λ az ún. bomlásállandó. A radioaktív magok száma exponenciális függvény szerint csökken:

$$N(t) = N(0) e^{-\lambda t}$$

A PET mérés előtt beadott fluorizotópot tartalmazó injekció aktivitása 370 MBq. A képképző vizsgálatig egy órát várnak.

b) Mekkora lesz az FDG-ből származó radioaktivitás a vizsgálatkor, illetve a beadás után 4 órával?

A jelölt cukorszármazékot aránylag összetett szintézisben, $K^{18}F$ -et használva állítják elő. Az eljárás hozama nem több, mint 75% és legalább 30 percig eltart. A reakciósorban a fluorid beépítésekor [2.2.2]kriptand segédanyagot is használnak (ld. 2019/1. szám, 3. oldal, 1. ábra).

c) Hány gramm $K^{18}F$ -ből szükséges kiindulniuk legalább? Mi lehet a kriptand funkciója a kérdéses reakciólépésben?

(francia feladat)

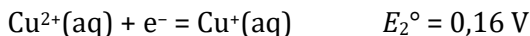
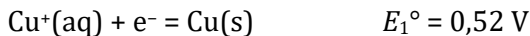
H304. A 0,0100 M réz-nitrát-oldat pH-ja 4,65.

a) Add meg a hidratált réz(II)-ion savas disszociációjának egyenletét! Számítsd ki a folyamat savi disszociációállandóját!

A réz(II)-hidroxid oldhatósági szorzata $1 \cdot 10^{-20}$.

b) Milyen pH-n kezdene leválni a réz-hidroxid a fenti oldatban? A hidratált rézionok hány százaléka deprotonálódott ekkor?

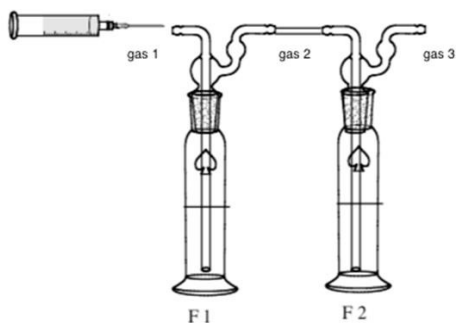
A réz(I)-ion vizes oldatban diszproporcionálódik. A folyamat jellemzésére felhasználhatóak a Cu^+ -ion redoxifolyamatainak standard potenciáljai.



c) Írd fel a diszproporció egyenletét! Az egyes folyamatokra felírható Nernst-egyenletek segítségével számítsd ki a diszproporció egyensúlyi állandóját! Mi lesz a különféle rézspeciesszek egyensúlyi koncentrációja egy olyan oldatban, amiben 0,0100 M réz(I)-sót oldottak fel?

(francia feladat)

H305. A vegyipar által használt hidrogéngáz nagy részét földgázból állítják elő. Ez esetben a gázt minél tökéletesebben kénteleníteni kell, hogy a katalizátorokat a kén ne szennyezze el. A földgáz esetében a gáz savas alkotóelemeit (hidrogén-szulfid és szén-dioxid) egyébként is el kell távolítani, hogy a csővezetékek ne korrodálódjanak. Ezt a leggyakrabban amintartalmú oldatokban történő elnyeletéssel érik el. Bizonyos aminok oldatai minden savas gázt megkötnék, mások szelektívek a H_2S és CO_2 megkötődésének eltérő reakciósebességei miatt. Az alábbi kísérlet ezt modellezi, a szénhidrogének helyett nitrogéngázt használva. Az alábbi berendezésben végezték a kísérleteket, egyszer monoetanolamin (MEA), máskor pedig metil-dietanolamin (MDEA) nagy feleslegét használva.



Az F1 edény kezdetben 100 ml 0,5 M aminoldatot, az F2 100 ml 0,5 M NaOH-oldatot tartalmazott. Egy gázkeverék adott térfogatú mintáját (benne n_1 mmol CO_2 , n_2 mmol H_2S és n_3 mmol CH_3SH) nitrogéngáz áramával áthajtanak a rendszeren. A kilépő gázban már nincs savas komponens, az aminok és a NaOH egyaránt nagy feleslegben vannak.

Ezek után a két edény tartalmát 1,0 M sósavoldattal titrálják. A titrálás során az oldatok pH-ját és vezetőképességét is rögzítik.

Az anyagok savi disszociációállandói:

Aminok: MEA^+/MEA ; $\text{MDEA}^+/\text{MDEA}$

$\text{p}K_s = 9,5$

$\text{CO}_2(\text{aq})$

$\text{p}K_{s1} = 6,4$; $\text{p}K_{s2} = 10,3$

H_2S

$\text{p}K_{s1} = 7,0$; $\text{p}K_{s2} = 13,0$

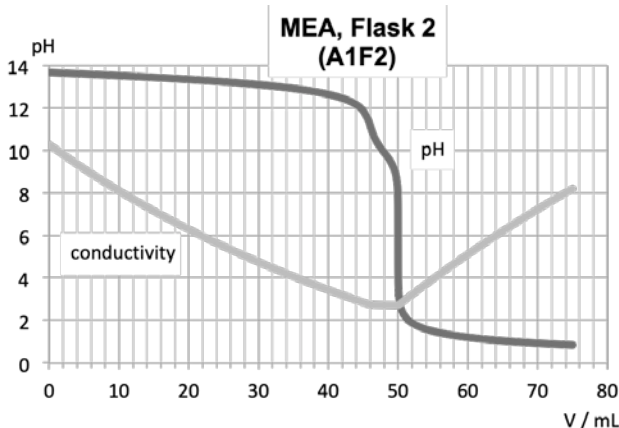
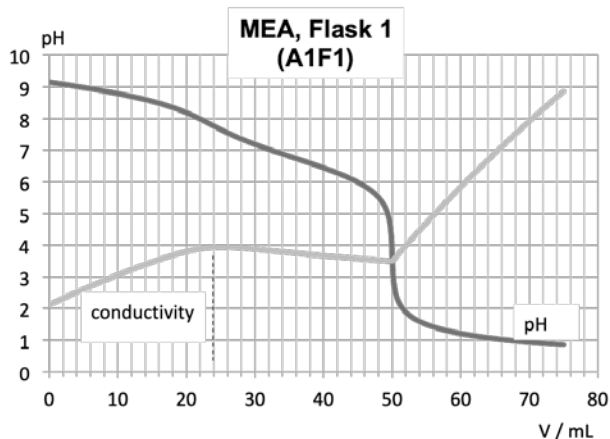
CH_3SH

$\text{p}K_s = 10,3$

a) Mely reakciók esetében várható, hogy teljes mértékben végbemennek az egyes gázkomponensek i) amin- és ii) NaOH-oldatba vezetésekor?

Ezek után a két edény tartalmát 1,0 M sósavoldattal titrálják. A titrálás során az oldatok pH-ját és vezetőképességét is rögzítik.

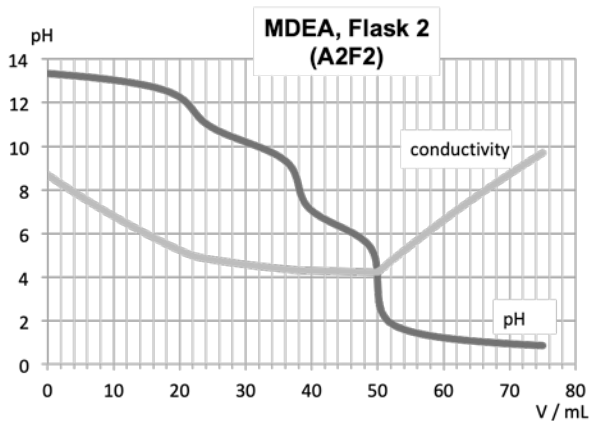
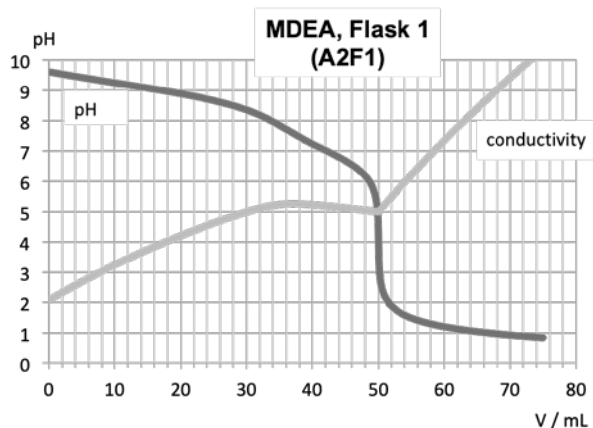
A MEA esetében nincsenek szokatlan reakciósebességek. A következő görbéket rögzítették a két oldat titrálásakor:



b) Hány mmol volt jelen az egyes specieszekből az F1 edényben a titrálás előtt? Az n_1 , n_2 és n_3 mennyiségek függvényében adj meg erre egy kifejezést! Melyik vegyület(ek) volt(ak) jelen az F1 edényből

távozó gázban? A görbék alapján milyen mennyiségekre lehet következtetni?

A MDEA csak az egyik savas speciesszel reagál, a másikkal a reakció elhanyagolhatóan lassú. A kísérletet MDEA-val végezve a következő görbéket rögzítették a két oldat titrálásakor:



c) *Hány mmol gáz kötődött meg az MDEA oldatban? A görbék alapján melyik komponens volt ez? Számítsd ki a használt gázkeverék összetételét!*

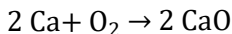
(francia feladat)

Megoldások

K299. a) Az ampulla 0,5 mol, 20 g kalciumot tartalmaz, ami 12,90 cm³ térfogatú.

$$\frac{20 \text{ g}}{1,55 \text{ g/cm}^3} = 12,90 \text{ cm}^3$$

A fennmaradó térfogatból 1,49 cm³ oxigén. Az általános gázegyenletbe behelyettesítve megkapjuk, hogy 0,0619 mmol oxigén van az ampullában. Mivel a tömegváltozásra vagyunk kíváncsiak, és a teljes oxigén tömege hozzáadódik a fém tömegéhez, ezért az oxigén tömegét kell meghatározni.



$$0,0619 \text{ mmol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,98 \text{ mg}$$

b) Igen. ☺

c) Az ampullában lévő gázzal tudjuk, hogy 20 mg tömegű és 0,295 mmol (általános gázegyenletből kiszámítható).

$$\frac{20 \text{ mg}}{0,295 \text{ mmol}} = 67,79 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Ez egyik nemesgáznak sem felel meg. Ez az átlagos érték az Ar és Kr közé esik. Két (vagy több) nemesgáz keverékével viszont természetesen megoldható a probléma.

(Berta Máté)

K300. a) A Föld kora 10⁹ nagyságrendbe esik, 11 nagyságrenddel rövidebb idő, mint a felezési idő, tehát az atomok nagyon kis része bomlott el.

b) Kettős béta bomlás; $^{48}\text{Ti} + 2 \text{ e}^- + 2 \text{ neutrínó}$.

c) $\frac{0,5 \text{ mol} \cdot 0,187}{100} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 5,6 \cdot 10^{20}$ db atom van Vendel ajándékában.

d) A kettős béta bomlás tanulmányozása, szupernehéz atommagok előállítás.

(Berta Máté)

K301. Az átlagos moláris tömeg kiszámításához vegyünk 100 g átlagos összetételű Föld-anyagot. Mivel a tömegszázalékos összetételt ismerjük, ebből kell kiszámolnunk, hogy ez hány mól atom. ebből kapható meg, hogy az átlagos atomtömeg 26,48 g/mol, amihez a legközelebb az alumínium atomtömege esik.

$$\frac{100 \text{ g}}{\frac{\sum \frac{M_i}{m_i} \%}{m}} = 26,48 \text{ g/mol}$$

Nagyon sok tökéletes megoldás érkezett a feladatra!

(Berta Máté)

K302. a) Az első kódolást alaposan szemügyre véve észrevehetjük, hogy egyessel kezdődő négyjegyű számokból, vélhetően évszámokból áll. Feltételezve, hogy ezek kémiai elemek felfedezésének évei, a következő mondat körvonalazódik:

TeNYErNiVerSeNY, azaz Te nyerni verseny!

A második kódolás az elemek rendszámát használja, ezt könnyen ellenőrizhetjük.

b) A megadott mondatot csak akkor lehet az első módszerrel kódolni, ha felbontható olyan elemek vegyjelére, amelyeknek ismert a felfedezési éve. Egyetlen elemen, az ezüstön múlik, hogy ez nem sikerülhet.

A második kódolás természetesen mindenképp működik:

Igen? Nagyon fogok teperni! Este indul a buli!

53327? 7473987 9118819 521568753! 9952 5360925 7 5923!

53327? 7473987 9118819 52156828! 9952 5360925 7 5923!

Két megoldás van, hiszen a teperni szó utolsó két betűje N és I vagy Ni vegyjelként is kódolható.

Akik megpróbálkoztak a riasztó számsorok dekódolásával, mind sikerrel jártak.

(Hupovcsik Vendel)

K303. A szokatlan feladat, kémia tárgyú hexameterek beküldése jól csoportosítható válaszokat eredményezett.

A kötött téma ellenére is előtört több műben a lírai én, fókuszba emelve az alkotás nehézségeit: *„Kémia tárgyú hexametert kell írnom a héten”* szól Prikler Borbála hosszabb versének önreflektív nyitó sora.

Mindazonáltal a beérkezett pályaművek nagy része a lucretiusi, horatiusi tanköltemények hagyományában találja meg a kötött forma és tartalom legjobb egységét. A könyvnyomtatás korát megelőző időszak eszköze volt az így vonzó formába öntött ismeretterjesztés: *„Savban vörhenyes és lúgban megkékül a lakmusz”* (Horváth Emese Dorka), *„Szódabikarbónát is használhatsz a sütéshez”* (Bagó Anna). A kémiai mondandó vershez igazított elferdítése nagyon ritka volt, jóval ritkább a helyesírás, magánhangzók verslábhoz alakításánál.

A legjobb rövid művekben már felbukkant Weöres Sándor rövid verseit megidéző módon a transzcendencia, a költői képek metafizikus tartalma: *„Schrödinger macskája egy óra után vajon él-e?”* (Horváth Emese Dorka), *„Van amikor az összegképlet nem elegendő.”* (Agents of Albi).

Minden, az időmértékes formával megpróbálkozó megoldást örömmel és teljes pontszámmal elfogadtunk. Horváth Emese Dorka különösen sok jól formált, kerek és tartalmas hexametert küldött.

(Magyarfalvi Gábor)

K304.* a) 1 g arany ára jelenlegi árfolyamon kb. 40 dollár (<https://goldprice.org>), tehát a kalifornium-252 ára kb. 675000-szerese az aranyénak. Itt minden reális arany árfolyamot elfogadtunk.

b) A 2,3 millió neutron $2,3 \cdot 10^6 / 3,7 = 621622$ spontán maghasadásból keletkezik, ami az összes bomlási esemény 3%-a. Az alfa-bomlások száma $621622 / 3 \cdot 97 = 20099099$. Tehát 1 mikrogramm ^{252}Cf -ban kb. 20 millió alfa-bomlás történik 1 másodperc alatt.

c) 1 mikrogramm ^{252}Cf -ban 1 másodperc alatt az alfa-bomlással és a spontán maghasadással összesen 20720721 db atom bomlik el. Ez alapján $20720721 \cdot 60 \cdot 10^6 = 1,2432432 \cdot 10^{15}$ db atom bomlik el 1 perc alatt 1 gramm anyagban. Ez $2,07207207 \cdot 10^{-9}$ mol ^{252}Cf , melynek tömege $2,07207207 \cdot 10^{-9}$ mol $\cdot 252$ g/mol = $5,22162 \cdot 10^{-7}$ g. Az elbomlott anyag ára $2,7 \cdot 10^7$ dollár/g $\cdot 5,22162 \cdot 10^{-7}$ g = 14,1 dollár, ennyivel csökken a ^{252}Cf értéke 1 perc alatt.

(Simkó Irén)

K305.* a) Egy műtrágya NPK-értéke független annak mennyiségétől, így lehetőségünk van mindhárom alkotójából 100 g anyaggal, azaz összesen 300 g műtrágyával számolni. Az ammónium-nitrát moláris tömege 80 g/mol, a kálium-dihidrogén-foszfáté 136 g/mol, míg az ammónium-hidrogén-foszfáté 132 g/mol, így 100 g rendre 1,25 mol, 0,735 mol, illetve 0,758 mol anyagnak felel meg.

A műtrágya nitrogéntartalma az ammónium-nitrátból, és az ammónium-hidrogén-foszfátból származik, mindkét anyag mólonként 2 mol nitrogénatomot tartalmaz, így összesen $2 \cdot (1,25 \text{ mol} + 0,758 \text{ mol}) = 4,02 \text{ mol}$ nitrogénatom van a 300 g műtrágyában. Ez a nitrogén atomtömege alapján 56,3 g-nak felel meg, így *N* értéke ekkor $\frac{56,3 \text{ g}}{300 \text{ g}} \cdot 100 = 18,8$, egész értékre kerekítve 19.

A műtrágya foszfortartalma a kálium-dihidrogén-foszfátból, és az ammónium-hidrogén-foszfátból származik, mindkét anyag mólonként 1 mol foszforatomot tartalmaz, így összesen $0,735 \text{ mol} + 0,758 \text{ mol} = 1,50 \text{ mol}$ foszforatom van a 300 g műtrágyában. Ez a foszfor atomtömege alapján 46,5 g-nak felel meg, azonban a moláris tömegek alapján 142 g foszfor-pentoxidban 62 g foszfor van, így *P* értéke ekkor $\frac{46,5 \text{ g}}{300 \text{ g}} \cdot \frac{142}{62} \cdot 100 = 35,5$, egész értékre kerekítve 36 (más moláris tömegekkel és kerekítésekkel 35).

A műtrágya káliumtartalma kizárólag a kálium-dihidrogén-foszfátból származik, mely mólonként 1 mol káliumatomot tartalmaz, így összesen 0,735 mol káliumatom van a 300 g műtrágyában. Ez a kálium atomtömege alapján 28,7 g-nak felel meg, azonban a moláris tömegek alapján 94 g kálium-oxidban 78 g kálium van, így *K* értéke ekkor $\frac{28,7 \text{ g}}{300 \text{ g}} \cdot \frac{94}{78} \cdot 100 = 11,5$, egész értékre kerekítve 12 (más moláris tömegekkel és kerekítésekkel 11).

Így a vizsgált műtrágya NPK-értéke 19-36-12.

b) A vizsgált egykomponensű műtrágya moláris tömege *x* függvényében g/mol egységben számolva a következő:

$$39x + 18(1 - x) + 97 = 115 + 21x.$$

Eközben a moláris nitrogéntartalom g/mol egységben $14(1 - x)$, a foszfortartalom pedig 31, míg a káliumtartalom $39x$. Ezek alapján az *N*,

illetve P érték, a megadott feltételeket is kihasználva, az előző feladatrészhez hasonló elvek alapján:

$$10 \leq N = \frac{14(1-x)}{115+21x} \cdot 100$$

$$58 \geq P = \frac{31}{115+21x} \cdot \frac{142}{62} \cdot 100$$

Ezen feltételekből néhány ekvivalens algebrai átalakítás után azt kapjuk, hogy $0,155 \geq x$ (az 1. feltételből), illetve $0,353 \leq x$ (a 2. feltételből), melyek egyidejűleg nem teljesülhetnek, így nincs az ilyen összetételnek megfelelő x , azaz nem létezik a feltételeknek megfelelő műtrágya.

c) Az előző feladatrészhez hasonló módon most is felírhatók a megfelelő egyenlőtlenségek a feladatban leírt feltételekből:

$$5 < N = \frac{14(1-x)}{115+21x} \cdot 100$$

$$20 < K = \frac{39x}{115+21x} \cdot \frac{94}{78} 100$$

Ezen feltételekből néhány ekvivalens algebrai átalakítás után azt kapjuk, hogy $0,548 \geq x$ (az 1. feltételből), illetve $0,537 \leq x$ (a 2. feltételből), amik teljesülhetnek egyszerre úgy, hogy még az is teljesül, hogy x eleme a $[0; 1]$ intervallumnak (ez kell ahhoz, hogy sem x , sem $1-x$ ne legyen negatív, aminek nem lenne kémiai értelme). A megfelelő intervallum a $(0,537; 0,548)$ intervallum, tehát minden olyan x esetén, mely ennek eleme, előállítható a műtrágya a feladat által kért feltételekkel.

d) A fejlődő gáz az ammónia, melyet jellegzetes, szúrós szagáról könnyen felismerhetünk. A magyarázat a foszforsav és az ammónia sav-bázis tulajdonságaiban rejlik. A foszforsav pK_s ($-\lg K_s$) értékei rendre 2,12, 7,21, valamint 12,67, míg az ammónia pK_b ($-\lg K_b$) értéke 4,75. Ez alapján az ammóniumionnak mint savnak a pK_s értéke $14 - 4,75 = 9,25$, ami alapján a savi disszociációs állandója 3-4 nagyságrenddel nagyobb a foszforsav harmadik savi disszociációs állandójánál, azaz az ammóniumion erősebb sav, mint a hidrogén-foszfát-ion. Így az ammóniumion protonálni képes a foszfátionokat, miközben belőle ammónia marad vissza, ami gázként távozhat. Ezzel szemben a dihidrogén-foszfát protonálására az ammóniumion már

nem képes, mivel a foszforsav erősebb sav az ammóniumionnál (ezt láthatjuk, ha összevetjük a foszforsav első pK_s értékét az ammóniumionéval), így ekkor nem megy végbe a bomlás, nem fejlődik tehát ammónia.

A megoldás során a feladat a) része bizonyult a legkönnyebbnek, a b) és c) rész valamivel nehezebb, de egymással azonos nehézségű volt. A d) részben a fejlődő gáz anyagi minőségét mindenki eltalálta, aki megoldotta ezt a részt, a sók stabilitásának különbségének magyarázata ugyanakkor sokaknak nehézséget okozott. A legjobb pontszám 9,5 (ennyi pontot kapott az Agents of Albi csapat, Ármós Csaba, és Ficsór István Dávid), a kapott pontok átlaga 5,19 volt. Két csapat megoldása a b), c) és d) feladatrészekben szó szerint megegyezett, ezek nem versenyszerűnek minősültek.

(Csorba Benjámin)

K306.* a) A héliumatomok a kocka 8 csúcsán, valamint a 6 lapközepponthon helyezkednek el. A csúcsokon lévő atomok 8, a lapközepponthon lévő atomok 2 elemi cellához tartoznak, így az egy elemi cellára jutó héliumatomok száma $8 \cdot (1/8) + 6 \cdot (1/2) = 4$. X ionok találhatóak a kocka 12 élének felezőpontján, melyek mindegyike 4 elemi cellához tartozik, valamint egy a kocka középpontjában, így egy cellára összesen $12 \cdot (1/4) + 1 = 4$ X ion jut. Továbbá az elemi cella belsejében helyezkedik el 8 Y ion, melyek teljes mértékben az adott cellához tartoznak. A mólarány 4:4:8, így a vegyület tapasztalati képlete HeXY_2 .

b) A keresett vegyület egy héliumatomot tartalmaz, ami a tömegének 6,03 %-át adja. Ezekből az adatokból kiszámítható a vegyület moláris tömege:

$$M = \frac{4,00 \text{ g/mol}}{0,0603} = 66,3 \text{ g/mol}$$

Ebből 4,00 g/mol származik a héliumtól, tehát a héliummal reagáló XY_2 összetételű ionvegyület moláris tömege 62,3 g/mol. Ez a MgF_2 moláris tömegének felel meg, tehát X a magnéziumion, Y a fluoridion.

A feladat nem bizonyult nehéznek, a legtöbb versenyző sikeresen kitalálta a vegyületet alkotó ionokat. Többen azonban nem indokolták

meg válaszukat, emiatt vesztek pontokat. Az átlagpontoszám 6,9 pont lett. Hibátlan megoldást küldött be az Agents of Albi, Ficsór István Dávid, Horváth Emese Dorka, Pári Marcell és Soós Anita Zolna.

(Balbisi Mirjam)

H291. a) Annak a valószínűsége, hogy egy C_{60} molekulát csak ^{12}C izotóp épít fel: $0,989^{60} = 0,515$. Azaz a mintában lévő legalább 1 nanomól C_{60} molekula az összes molekulának az 51,5%-a, ez alapján a keresett mintában lévő C_{60} molekulák anyagmennyisége legalább $1/0,515$, azaz 1,941 nanomól. Ekkora anyagmennyiségű C_{60} tömege a szén átlagos relatív atomtömegével ($0,989 \cdot 12,0 + 0,011 \cdot 13,0 = 12,01$) számolva $1,941 \cdot 10^{-9} \cdot 60 \cdot 12,01 \text{ g} = 1,399 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 1,40 \text{ }\mu\text{g}$, tehát ekkora a minta minimális tömege.

b) Annak a valószínűsége, hogy egy C_{60} molekulát pontosan 1 db ^{13}C és 59 db ^{12}C izotóp épít fel: $60 \cdot 0,011 \cdot 0,989^{59} = 0,344$. Ha a mintában 1 nanomól ilyen molekula van, akkor az összes C_{60} anyagmennyisége $1/0,344$, azaz 2,910 nanomól. Ekkora anyagmennyiségű C_{60} tömege $2,910 \cdot 10^{-9} \cdot 60 \cdot 12,01 \text{ g} = 2,097 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 2,10 \text{ }\mu\text{g}$, tehát ebben az esetben a mintának ekkora a minimális tömege.

c) Jelölje n annak a molekulának a szénatomszámát, amelynek halmazában a molekuláknak pontosan a fele áll csak ^{12}C izotópból. Ekkor n értékét a $0,989^n = 0,500$ egyenlet megoldásából kaphatjuk meg, $n = 62,7$. Tehát ha egy, csak szénatomokból álló molekula legalább 63 szénatomot tartalmaz, akkor halmazában a molekuláknak kevesebb, mint a fele áll csak ^{12}C izotópból. Azaz 63 szénatom esetén a molekulák legalább fele már tartalmaz 13-as tömegszámú szénizotópot.

A feladatra 5 tanuló (Fajszai Bulcsú, Kovács Márton, Kozák András, Szikszai Csaba, Szirtes Gábor) küldött be hibátlan megoldást, a pontszámok átlaga 4,6 pont. Több megoldó nem vette figyelembe a szénizotópok relatív gyakoriságát, azaz egy természetes C_{60} minta nem állhat csak ^{12}C izotópokból, így például az a) feladatrészben a minimális tömeg nem $1,00 \cdot 10^{-9} \cdot 60 \cdot 12,01 \text{ g} = 7,21 \cdot 10^{-7} \text{ g} = 0,721 \text{ }\mu\text{g}$.

(Vörös Tamás)

H292. A feladat megoldásához először a kaloriméter hőkapacitását érdemes kiszámolni. Ez lényegében az egységnyi hőmérséklet-

változáshoz szükséges hő. A 4,53 g tömegű grafitedény tiszta szénből van, a szén-dioxid képződéshőjét (vagyis a grafit égéshőjét) pedig megadta a feladat. Így az adatok figyelembe vételével a C hőkapacitás:

$$C = \frac{4,53 \text{ g} \cdot 393,5 \text{ kJ/mol}}{12,0 \text{ g/mol} \cdot 2,734 \text{ K}} = 54,3 \text{ kJ/K}$$

Így a többi anyag moláris illetve fajlagos égéshője kiszámolható a következő képletekkel:

$$Q(\text{fajlagos}) = \frac{C \cdot \Delta T}{m} \quad Q(\text{moláris}) = \frac{C \cdot \Delta T \cdot M}{m}$$

Ezekben a képletekben ΔT a hőmérséklet-változás, m az elégetett anyag tömege, M pedig az elégetett anyag moláris tömege. A grafitedény és metán együttesénél a grafitedény tömege ugyannyi, mint az üres grafitedény esetében, így a metán égése által okozott hőmérséklet-változást egyszerűen különbséggént számolhatjuk ki.

anyag	képlet	M (g/mol)	m (g)	ΔT (K)
metán	CH_4	16,0	1,03	1,054
cetán	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	226	2,90	2,524
etanol	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	46,0	3,44	1,880
cellulóz	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$	162*	3,13	1,007
a cisz-oktadec-9-énsav metilésztere	$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	296	2,76	2,039

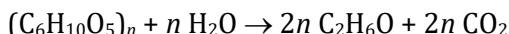
anyag	$Q(\text{fajlagos})$ (kJ/g)	$Q(\text{moláris})$ (kJ/mol)
metán	55,6	889
cetán	47,3	$1,07 \cdot 10^4$
etanol	29,7	$1,37 \cdot 10^3$
cellulóz	17,5	$2,83 \cdot 10^3^*$
a cisz-oktadec-9-énsav metilésztere	40,1	$1,19 \cdot 10^4$

A cellulóz polimer óriásmolekula, ahol nem ismerjük a tényleges molekulatömeget. Ezért a táblázatban a *-gal jelölt értékek egy monomeregységre ($C_6H_{10}O_5$) vonatkoznak és nem egy molekulára.

A továbbblépéshez az egyes energiahordozók égésének egyenletét kell figyelembe venni. Ha egy mól energiahordozóból x mól CO_2 (amelynek moláris tömege $M = 44,0$ g/mol) keletkezik égés közben, akkor a széndioxid-intenzitás:

$$I(CO_2) = \frac{x \cdot M(CO_2)}{Q(\text{moláris})}$$

Az x értéke egy eset kivételével az adott molekulában lévő szénatomok száma. A bioetanol azonban cellulózból készül fermentációval, amelynek az egyenlete a következő:



Tehát egy molekula bioetanol révén három molekula szén-dioxid jut a levegőbe: egy a fermentáció során, kettő pedig az égéskor.

anyag	x	I_{CO_2} (g/MJ)
metán	1	49,5
cetán	16	65,8
etanol	3	96,4
cellulóz	6	93,3
a cisz-oktadec-9-énsav metilésztere	19	70,3

Megjegyzések:

1. A feladat nem adta meg, hogy a moláris vagy a fajlagos égéshőt kell-e kiszámolni. Ha egy megoldó a kettő közül az egyiket számolta csak ki, már akkor is maximális pontot kapott arra a részre. A cellulóznál mindenki úgy járt el, mint a fenti megoldás, vagyis az egy monomeregységre vonatkozó égéshőt adta meg.

2. A beküldők nagyjából egyharmada $x = 2$ -vel számolt a bioetanol esetében, vagyis figyelmen kívül hagyta a fermentáció során keletkező széndioxidot. Emiatt 1 pont levonás járt.

3. *Érdemes megfigyelní, hogy a bioetanol és a cellulóz szén-dioxid-intenzitása majdnem megegyezik. Ez nem véletlen: végső soron mindkettő cellulózt használ alapanyagként. A fermentáció lényegében feláldozza a kiindulási anyag energiatartalmának egy igen csekély részét azért, hogy könnyebben kezelhető folyadékformába hozza az energiahordozót.*

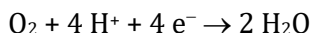
(Lente Gábor)

H293. A feladatnál alapvető szükség van az elektromos munka számolására, amely elég egyszerű: az átáramlott töltésmennyiséget meg kell szorozni a feszültséggel. A feszültséget (U) a feladat megadta, az átáramlott töltésmennyiséget pedig az elektródreakció felírása után az elektronszám-változás (z) ismeretében lehet megadni. Így az áramtermelésre vonatkozó szén-dioxid-intenzitást ($I_{\text{CO}_2,e}$) a következő képlettel lehet számolni:

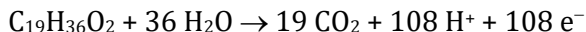
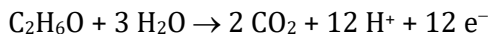
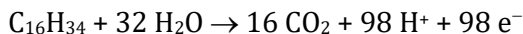
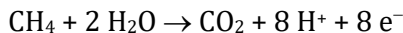
$$I(\text{CO}_2, e) = \frac{x \cdot M(\text{CO}_2)}{z \cdot F \cdot U}$$

A képletben F a Faraday-állandó (vagyis egy mól elektron töltése), x az egy energiahordozó-molekula felhasználásakor keletkező szén-dioxid-molekulák száma (a bioetanol esetében a H292. feladat megoldásánál már ismertetett okból $x = 3$).

A tüzelőanyag-cellákban lezajló bruttó redoxireakció mindig azonos az égéssel. A katódon így mindig az oxigén redukálódik:



Az anódon a szerves anyag oxidációja folyik. A metán, cetán, etanol és a cisz-oktadec-9-énsav-metilészter esetében a reakciók a következők:



A végeredmény kiszámításhoz még az $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ mértékegység-átváltás kell figyelembe venni.

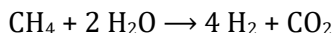
anyag	U (V)	x	z	$I_{\text{CO}_2,e}$ (g/kWh)
metán	0,954	1	8	215
cetán	0,986	16	98	272
etanol	1,030	3	12	398
a cisz-oktadec-9-énsav metilésztere	0,999	19	108	289

A feladat szerint kőszént és a fát csak hőerőgépben lehet felhasználni, amely az égéskor keletkező hő 25%-át alakítja elektromos energiává. Mivel a moláris égéshőket a feladat megadta, ezért a számolást egyszerű képlettel el lehet végezni:

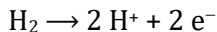
$$I(\text{CO}_2, e) = \frac{x \cdot M(\text{CO}_2)}{0,25 \cdot Q(\text{moláris})}$$

anyag	Q (moláris) (kJ/mol)	x	$I_{\text{CO}_2,e}$ (g/kWh)
szén	393,5	1	$1,61 \cdot 10^3$
cellulóz	2834	6	$1,34 \cdot 10^3$

A hidrogén esetében az égéskor nem keletkezik szén-dioxid, csak az előállításkor. Megfelelő körülmények között a metán teljes széntartalma CO_2 -dá alakul:



Az tüzelőanyag-cellában az anódreakció:



Így a leírásban lévő első képlet erre az esetre is használható

$$x = 0,25, z = 2 \text{ és } U = 1,106 \text{ V}$$

értékek behelyettesítésével. Ezeket felhasználva a hidrogénre

$$I_{\text{CO}_2,e} = 186 \text{ g/kWh.}$$

Megjegyzések:

1. A feladat megfogalmazása egy helyen következetlen volt, mert a cellulóz moláris égéshőjét adta meg, noha a cellulóz polimer óriásmolekula, amelynek nem ismerjük a tényleges moláris tömegét. Szerencsére ez egyetlen megoldónak sem jelentett problémát: mindenki az egy mól monomeregységre vonatkozó égéshőként értette a mennyiséget.

2. Többen próbálkoztak azzal, hogy a H292. feladatból kiszámolt, hőtermelésre vonatkozó szén-dioxid-intenzitást számolják át elektromos energiára. Ez két okból is elvi hibás. Egyrészt a nagyon pontosan használt termodinamikai fogalmak szerint az energiahordozókból nyerhető hő az entalpia (H), az elektromos munkát viszont a szabadentalpia (G) határozza meg, a kettő egymásba számolásához pedig egyik feladat sem adott semmilyen támpontot. Másrészt a feladatban megadott cellafeszültségek valósak, vagyis már azt is figyelembe vették, hogy a szabadentalpiát a készülékekben csak (egyébként szerencsésen csekély, alig néhány százaléknyi) veszteséggel lehet elektromos energiává alakítani.

3. Egy megoldó feltételezte a számolásaiban, hogy szobahőmérsékleten mennek a folyamatok. Erre viszont, mint a kidolgozott levezetés mutatja, nincsen szükség a megoldáshoz. Egyébként egy tüzelőanyag-cella optimális működési hőmérséklete általában nagyobb, mint 25 °C.

4. Olyan megoldások is kaphattak maximális pontot, amelyek a metánalapú hidrogén-előállítását a $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{H}_2 + \text{CO}$ reakcióval vették figyelembe, és azt feltételezték, hogy a szén-monoxid végül teljes egészében szén-dioxiddá alakul. Ők lényegében $x = 1/3$ -ot használtak $x = 1/4$ helyett.

(Lente Gábor)

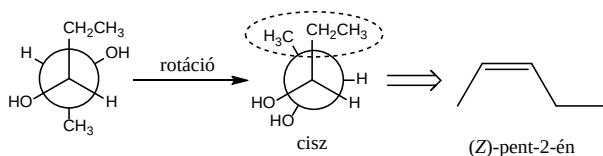
H294. a) Mivel az OsO_4 molekulájában 8 Os–O kötő elektronpár található (4 kettős kötés formájában), míg ez a szám a gyűrűs szerkezetben 6-ra csökken, így – az oxigénatom elektronegatívabb jellege miatt – az előbbi vegyületben +8, utóbbiban pedig +6 az ozmium oxidációs száma.

Az ozmium-tetroxid az oxidálószer szerepét tölti be ebben a reakcióban, ugyanis azáltal csökken +8-ról +6-ra az Os oxidációs száma, hogy az OsO_4 oxidálja az alként, miközben maga redukálódik.

Érdemes azonban megjegyezni, hogy az Os-vegyületet efféle cisz-dihidroxilálási reakciókban nagyfokú toxicitása és magas ára miatt a preparatív laboratóriumi gyakorlatban általában nem sztöchiometrikus, hanem katalitikus mennyiségben szokás alkalmazni. Ekkor viszont szükség van egy olyan segédanyagra, amely a katalizátor regenerálásáért felelős, azaz a keletkező Os(VI)-speciest visszaalakítja a reakció szempontjából aktív Os(VIII)-speciesszé – ez lehet például *N*-metil-morfolin-*N*-oxid, röviden: NMO (Upjohn-féle dihidroxilálás) vagy $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. További érdekességként említhető meg, hogy a folyamatnak ismert enantioszelektív változata is, amely a 2001-ben Nobel-díjjal kitüntetett kidolgozójáról Sharpless-féle aszimmetrikus dihidroxilálás néven vonult be a szerves kémia történetébe.

b) Az alábbiakban bemutatunk egy olyan eljárást, amelynek segítségével egyszerűen meghatározható annak az alkénnek a szerkezete, amelyből keletkeztek a feladatban megadott i)–iv) vicinális diolok. Ennek során valamennyi esetben Newman-projekcióban ábrázoljuk az adott molekulát, majd megfelelő C–C kötés menti rotációt követően egyértelművé válik a metil-, illetve az etilcsoportok egymáshoz viszonyított térállásából, hogy a (*Z*)- vagy az (*E*)-pent-2-én volt-e a kiindulási alkén.

Például a ii) sztereoizomer esetén ez a következőképpen alakul:

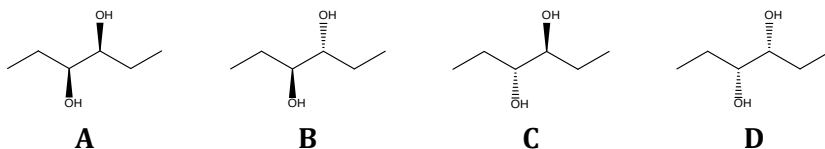


Ezzel analóg módon megadható a további 3 esetben is, hogy a pent-2-én melyik geometriai izomeréből képződött az adott pentán-2,3-diol izomer, aminek eredményét (i'–iv' alkének) az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

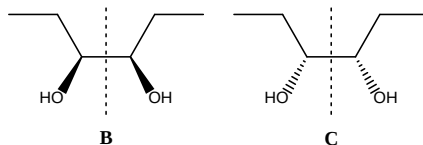


Megjegyzendő, hogy lerövidíthető a fenti folyamat, amennyiben észrevesszük, hogy az i) és iv), valamint a ii) és iii) diolok enantiomer viszonyban állnak egymással. Ilyenkor elegendő csupán egy diol esetében megkeresni a hozzá tartozó alként, hiszen értelemszerűen annak enantiomerje is ugyanabból az alkénből keletkezett (az enantiomerpár egyik sztereoisomerének keletkezésekor az OsO_4 a kettős kötés síkját felülről, míg a másik sztereoisomerének képződésekor alulról közelíti meg). A további két sztereoisomer esetében pedig az alkén másik geometriai izomerét vittük az OsO_4 -os reakcióba.

c) Az ebben a feladatrészben megadott hexán-3,4-diol 2 kiralitás-centrummal rendelkezik, ennél fogva első közelítésben a következő $2^2 = 4$ sztereoisomer (**A–D**) létezését várjuk.

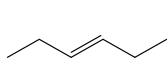
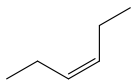
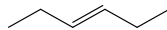


A lehetséges szerkezeteket felrajzolva azonban szembetűnik, hogy a **B** és a **C** izomer egyaránt rendelkezik egy molekulán belüli tükörsíkkal (ennek a könnyebb felismerhetősége érdekében ld. alább a **B** és a **C** molekula egy-egy másik reprezentációját), emiatt annak ellenére, hogy tükörképi viszonyban állnak egymással, mégis fedésbe hozhatók egymással, vagyis akirálisak. Ebből következik, hogy **B** és **C** ugyanazt a szerkezetet reprezentálja, ún. mezo-forma, tehát az előzetesen várt 4 sztereoisomer helyett csak 3 különböző tartozik ehhez a konstitúcióhoz.

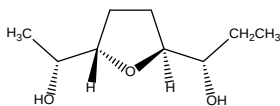
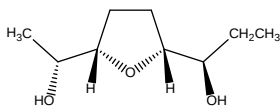
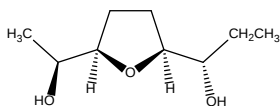
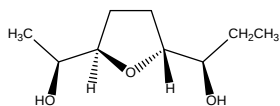


A kiindulási hex-3-én szerkezetének megadásához ismételtlen alkalmazhatjuk például a b) feladatrészben ismertetett, Newman-projekciót magában foglaló eljárást. Az előzőhöz hasonlóan itt is elegendő csupán az egyik diol esetén meghatározni a hozzá tartozó alként, mivel annak ismeretében a többi is közvetlenül

megállapítható (indokokat ld. a b) feladatrészen). Az ennek eredményeként kapott **A'–D'** alkéneket a következő táblázatban tüntettük fel.

**A'****B'≡C'****D'**

d) Mivel a (2*Z*,6*E*)-nona-2,6-dién OsO₄-os reakciójában keletkező 4 kiralitáscentrumot tartalmazó, így $2^4 = 16$ sztereoizomerrel rendelkező termék lehetséges sztereoizomerei közül kizárólag azok képződnek, amelyekben a megfelelő C–O kötések a kettős kötés azonos térfelén alakulnak ki, ezért mindkét kettős kötés esetén egymástól függetlenül elképzelhető, hogy az OsO₄ felülről, illetve alulról támad. Emiatt $2^2 = 4$ sztereoizomer (szemléletesebben a támadási oldalakra vonatkozóan az alábbi párosítások képzelhetők el: alulról – alulról, alulról – felülről, felülről – alulról, felülről – felülről) keletkezése várható a maximálisan elképzelhető 16-ból. Ennek a 4 szerkezetnek a meghatározásához újfent felhasználhatjuk például a b) feladatrészen bemutatott eljárást, még hozzá különösen ügyelve arra, hogy a termék feladatban feltüntetett megjelenítésében mindkét reakciócentrum esetén cisz orientáltságúak az alkilláncok, miközben az alkadién egyik kettős kötése cisz, míg a másik transz állású. Az ekkor kapott szerkezeteket (**I–IV**) a következő táblázat tartalmazza.

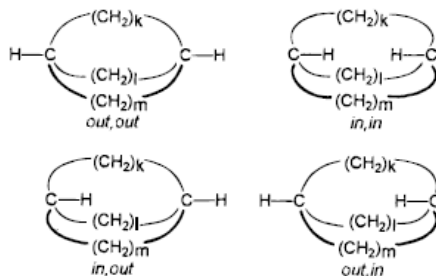
**I****II****III****IV**

A feladat a d) részétől eltekintve alapvetően nem bizonyult nehéznek, főként csak apróbb figyelmetlenségi hibák csúsztak be. Azonban a beküldők többsége az utolsó részfeladatban nem volt tekintettel arra,

hogy az egyik kettős kötés *cisz*, míg a másik *transz* állású, illetve figyelmen kívül hagyta azt a tényt, hogy a termék példában szereplő reprezentációjában az előzővel ellentétben mindkét esetben *cisz* térállás mutatkozik az alkilcsoportokra vonatkozóan. Két hibátlan, teljes értékű megoldás született, amelyet Mészárik Márk és Simon Vivien Klaudia küldött be. Átlagpontoszám: 7,03 pont.

(Baglyas Márton)

H295. Az áthidalt gyűrűs vegyületek általános esetben királisak lehetnek. Ha 2 kiralitáscentrumuk ekkor csak a két hídfőatom, összesen 4 sztereoizomerük létezhetne. Azonban esetükben megjelenik egy speciális, úgynevezett *in-out* (kint-bent) izoméria. Lényege, hogy a hídfőatomon található csoport (most H atom) kétféleképpen, a gyűrűk által alkotott „kalitkán” belül, illetve kívül helyezhető el, az ábrán látható módon.



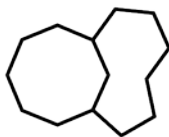
Mind a négy sztereoizomerhez tartozik kettő izomer, vagy *in,in* és *out,out*; vagy *in,out* és *out,in*; összesen tehát nyolc. Ezek minden sztereoizomernél az előállítás után általában elkülöníthetők, ugyanis egymásba alakításuk (homeomorfikus izomerizáció) csak az egyik láncnak a másik kettő alkotta gyűrűn való „áthúzásával” lehetséges, és csak nagyobb gyűrűknél kivitelezhető.

A feladatban szereplő molekulákban található belső tükörsík miatt a lehetséges izomerszám feleződik, 3 sztereoizomer várható, egy enantiomerpár és egy *mezo* szerkezet, a klasszikus értelmezésben. Az enantiomerpár 2 izomert képvisel 4 helyett (*in,out* és *out,in*), azokat homeomorfikusan izomerizálva önmagukat kapjuk vissza. Az *in,in* és *out,out* szerkezetből is csak egy-egy van, amelyek a *mezo* sztereoizomerhez tartoznak.

Ezen egyszerű leírásmód megkönnyíti a kérdés megoldását. Sejthető, hogy az *in,in* szerkezet kisebb gyűrűk esetén nem kedvező és esetleg fel sem veszi a molekula. Ez lehet a magyarázat arra, hogy a feladatban szereplő biciklo[7.3.1]tridekán esetén csak az enantiomerpárt és feltehetőleg az *out,out* izomert találták. Ezzel szemben a másik anyag, a biciklo[6.5.1]tetradekán előállításakor már az *in,in* izomert is megkapták. A két anyag izomerek nélküli vonalképlete:



D



E

Az első ábra forrása (és további információk az érdeklődőknek):

R. W. Alder, S. P. East, *Chem. Rev.*, **96**, p. 2097-2111 (1996)

Gyakori volt egyes fogalmak helytelen használata (diasztereomer, molekuláris csomó, atrópiizoméria stb.), ezeknek jobb utánanézni és belegondolni, biztosan alkalmazható-e az adott problémára. Nyolcan küldtek be ugyanakkor közel maximális pontszámú megoldást, nekik gratulálunk!

(Szobota András)