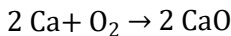


## Megoldások

**K299.** a) Az ampulla 0,5 mol, 20 g kalciumot tartalmaz, ami 12,90 cm<sup>3</sup> térfogatú.

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

A fennmaradó térfogatból 1,49 cm<sup>3</sup> 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 10<sup>9</sup> nagyságrendbe esik, 11 nagyságrenddel rövidebb idő, mint a felezési idő, tehát az atomok nagyon kis része bomlott el.

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

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.

$$\frac{100 \text{ g}}{\frac{\sum \overline{m}_{L\%}}{m}} = 26,48 \text{ g/mol}$$

*Nagyon sok tökéletes megoldás érkezett a feladatra!*

(Berta Máté)

**K302.** a) Az első kódolást alaposan szemügyre véve észrevehetjük, hogy eggyessel kezdődő négyjegyű számokból, vélhetően évszámokból áll. Feltételezve, hogy ezek kémiai elemek felfedezésének éve, 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 elem, 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  $^{252}\text{Cf}$ -ban kb. 20 millió alfa-bomlás történik 1 másodperc alatt.

c) 1 mikrogramm  $^{252}\text{Cf}$ -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  $^{252}\text{Cf}$ , 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  $^{252}\text{Cf}$  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 mól, 0,735 mól, illetve 0,758 mól anyagnak felel meg.

A műtrágya nitrogéntartalma az ammónium-nitrátból, és az ammónium-hidrogén-foszfátból származik, mindkét anyag mólonként 2 mól 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 mól 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 mól 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:

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

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

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 Benjámín)

**K306.\*** a) A héliumatomok a kocka 8 csúcsán, valamint a 6 lapközponton helyezkednek el. A csúcsokon lévő atomok 8, a lapközpontokon 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  $\text{HeXY}_2$ .

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  $\text{XY}_2$  összetételű ionvegyület moláris tömege 62,3 g/mol. Ez a  $\text{MgF}_2$  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 átlagpontszám 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 (Fajsi 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  $^{12}C$  izotópból, 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  $\Delta T$  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 különbségként számolhatjuk ki.

anyag	képlet	$M$ (g/mol)	$m$ (g)	$\Delta T$ (K)
metán	$\text{CH}_4$	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	$Q$ (fajlagos) (kJ/g)	$Q$ (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	$1,19 \cdot 10^4$

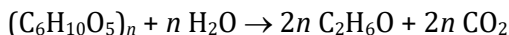


A cellulóz polimer óriásmolekula, ahol nem ismerjük a tényleges molekulatömeget. Ezért a táblázatban a \*-gal jelölt értékek egy monomeregységre ( $C_6H_{10}O_5$ ) vonatkoznak és nem egy molekulára.

A továbblépéshez 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 megfigyelni, 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.*

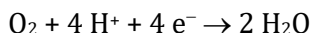
(Lente Gábor)

**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:

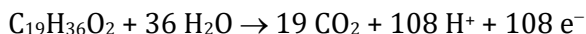
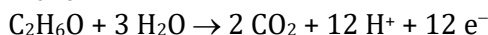
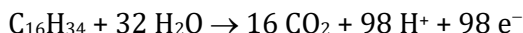
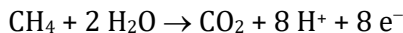
$$I(\text{CO}_2, e) = \frac{x \cdot M(\text{CO}_2)}{z \cdot F \cdot U}$$

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.

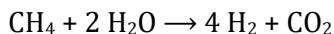
anyag	$U$ (V)	$x$	$z$	$I_{\text{CO}_2,e}$ (g/kWh)
metán	0,954	1	8	215
cetán	0,986	16	98	272
etanol	1,030	3	12	398
a cisz-oktadec-9-énsav metilésztere	0,999	19	108	289

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:

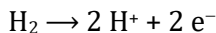
$$I(\text{CO}_2, e) = \frac{x \cdot M(\text{CO}_2)}{0,25 \cdot Q(\text{moláris})}$$

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  $\text{CO}_2$ -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 valóságosak, 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  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

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)

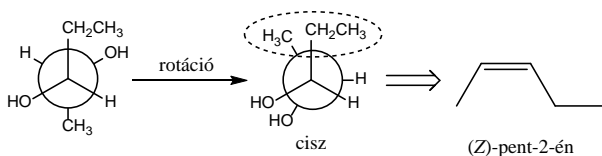
**H294.** a) Mivel az  $\text{OsO}_4$  molekulájában 8 Os–O kötő elektronpár található (4 kettős kötés formájában), míg ez a szám a gyűrűs szerkezetben 6-ra csökken, így – az oxigénatom elektronegatívabb jellege miatt – az előbbi vegyületben +8, utóbbiban pedig +6 az ozmium oxidációs száma.

Az ozmium-tetroxid az oxidálószer szerepét tölti be ebben a reakcióban, ugyanis azáltal csökken +8-ról +6-ra az Os oxidációs száma, hogy az  $\text{OsO}_4$  oxidálja az alként, miközben maga redukálódik.

Érdeemes 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:

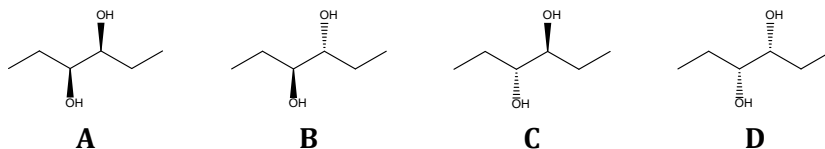


Ezzel analóg módon megadható a további 3 esetben is, hogy a pent-2-én melyik geometriai izomeréből képződött az adott pentán-2,3-diol izomer, aminek eredményét (i'–iv') alkének) az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

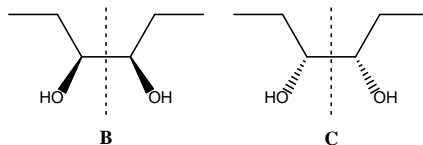


Megjegyzendő, hogy lerövidíthető a fenti folyamat, amennyiben észrevevük, hogy az i) és iv), valamint a ii) és iii) diolok enantiomer viszonyban állnak egymással. Ilyenkor elegendő csupán egy diol esetében megkeresni a hozzá tartozó alként, hiszen értelemszerűen annak enantiomerje is ugyanabból az alkénből keletkezett (az enantiomerpár egyik sztereoisomerének keletkezésekor az  $\text{OsO}_4$  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  $\text{OsO}_4$ -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.

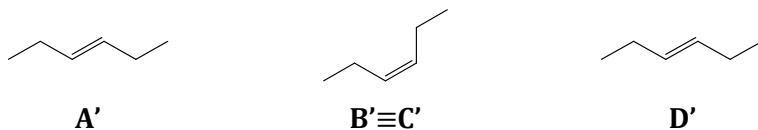


A lehetséges szerkezeteket felrajzolva azonban szembetűnik, hogy a **B** és a **C** izomer egyaránt rendelkezik egy molekulán belüli tükörsíkkal (ennek a könnyebb felismerhetősége érdekében ld. alább a **B** és a **C** molekula egy-egy másik reprezentációját), emiatt annak ellenére, hogy tükörképi viszonyban 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.

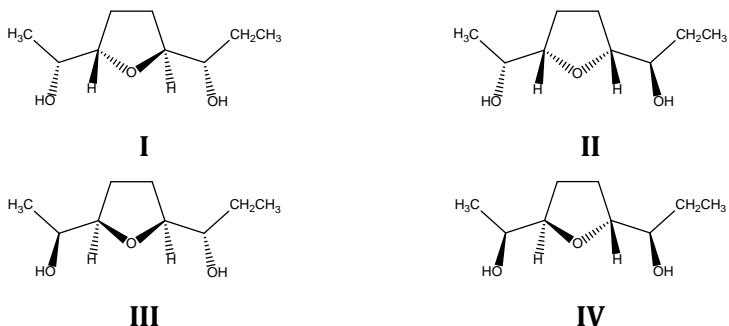


A kiindulási hex-3-én szerkezetének megadásához ismételtlen alkalmazhatjuk például a b) feladatrészben ismertetett, Newman-projekciót magában foglaló eljárást. Az előzőhöz hasonlóan itt is elegendő csupán az egyik diol esetén meghatározni a hozzá tartozó alként, mivel annak ismeretében a többi is közvetlenül

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



d) Mivel a (2*Z*,6*E*)-nona-2,6-dién OsO<sub>4</sub>-os reakciójában keletkező 4 kiralitáscentrumot tartalmazó, így 2<sup>4</sup> = 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 OsO<sub>4</sub> felülről, illetve alulról támad. Emiatt 2<sup>2</sup> = 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) feladatrészben 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.

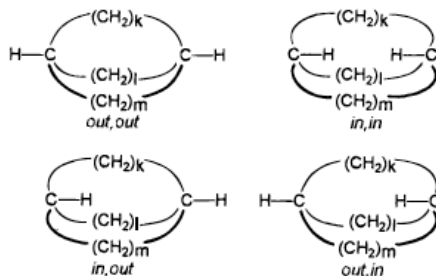


*A feladat a d) részétől eltekintve alapvetően nem bizonyult nehéznek, főként csak apróbb figyelmetlenségi hibák csúsztak be. Azonban a beküldők többsége az utolsó részfeladatban nem volt tekintettel arra,*

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. Átlagpontszám: 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) izomeria. 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.

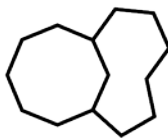
A feladatban szereplő molekulákban található belső tükörsík miatt a lehetséges izomerszám feleződik, 3 sztereoizomer várható, egy enantiomerpár és egy *mezo* szerkezet, a klasszikus értelmezésben. Az enantiomerpár 2 izomert képvisel 4 helyett (*in,out* és *out,in*), azokat homeomorfikusan izomerizálva 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)