

Feladatok haladóknak

Megoldások

H131. Először állapítsuk meg a kálium-hidroxid-oldat koncentrációját! A titrálás során fogyott sósavoldat anyagszáma:

$$n(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,100 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0050 \text{ dm}^3 = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol}.$$

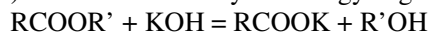
Ez természetesen megegyezik a megtitrált kálium-hidroxid anyagszámaival. Az eredeti (hígítatlan) oldatnak csak $1/10$ -ed részét titráljuk meg a hígítás miatt, így a $10,0 \text{ cm}^3$ térfogatú hígítatlan lúgoldat kálium-hidroxid-tartalma:

$$n(\text{KOH}) = 10 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

A kálium-hidroxid-oldat koncentrációja:

$$c(\text{KOH}) = (5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}) / (10 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3) = 0,5 \text{ mol/dm}^3.$$

Az észter hidrolízise (elszappanosítása) során az alábbi folyamat megy végbe:



A reakcióegyenlet alapján 1 mól észterre 1 mólnyi kálium-hidroxid fogy.

Így minden elszappanosítás során $n_0(\text{KOH}) = 0,500 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0600 \text{ dm}^3 = 0,03 \text{ mol}$ kálium-hidroxidot adunk az észterhez. Ezután az oldatot hígítjuk, és az eredeti mennyiség $1/10$ -ed részében lévő kálium-hidroxidot sósavoldattal titráljuk, például az első esetben a fogyások átlagából kiszámítható a fogyott sósav anyagszáma:

$n(\text{HCl}) = 0,100 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,0186 \text{ dm}^3 = 1,86 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, mely megegyezik a maradék kálium-hidroxid anyagszámaival. Mivel az elszappanosítás termékének csak tizedét titráltuk, az eredeti oldatban a maradék kálium-hidroxid anyagszáma: $n(\text{KOH}) = 1,86 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.

Így az észter hidrolízisére fogyott kálium-hidroxid anyagszáma, mely megegyezik az észter anyagszámaival a reakcióegyenlet alapján:

$$n(\text{észter}) = n_0(\text{KOH}) - n(\text{KOH}) = 0,03 \text{ mol} - 1,86 \cdot 10^{-2} \text{ mol} = 0,0114 \text{ mol}$$

Így az észter moláris tömege:

$$M(A) = (1 \text{ g}) / (0,0114 \text{ mol}) = 87,7 \text{ g/mol}.$$

Az eljárást megismétljük a másik három észterre is, a kapott eredmények:

Észter	$n(\text{HCl})$	$n(\text{KOH})$	$n(\text{észter})$	M
A	$1,86 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$0,0186 \text{ mol}$	$0,0114 \text{ mol}$	$87,7 \text{ g/mol}$
B	$1,65 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$0,0165 \text{ mol}$	$0,0135 \text{ mol}$	$74,1 \text{ g/mol}$
C	$1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$0,0133 \text{ mol}$	$0,0167 \text{ mol}$	$59,9 \text{ g/mol}$
D	$1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$0,0164 \text{ mol}$	$0,0136 \text{ mol}$	$73,5 \text{ g/mol}$

Mivel az észterek telített karbonsavból és telített alkoholokból származnak, az általános képletük: $\text{H}(\text{CH}_2)_a\text{COO}(\text{CH}_2)_b\text{H}$, ahol $a \geq 0$, $b \geq 1$ egész számok (b nem lehet 0, mivel ekkor karbonsavat kapunk és nem észtert!). Tetszőleges a és b esetén az észter moláris tömege:

$$M = (1,0 + 14,0 \cdot a + 12,0 + 2 \cdot 16,0 + 14,0 \cdot b + 1,0) \text{ g/mol} = [46,0 + 14,0 \cdot (a + b)] \text{ g/mol}.$$

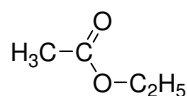
A négyféle észter esetén tehát az észterben található metilénsoportok (CH_2) száma:

Észter	M	$a + b$
A	$87,7 \text{ g/mol}$	$2,98 \approx 3$
B	$74,1 \text{ g/mol}$	$2,01 \approx 2$
C	$59,9 \text{ g/mol}$	$0,99 \approx 1$
D	$73,5 \text{ g/mol}$	$1,96 \approx 2$

Ne feledkezzünk meg arról, hogy a feladat kísérleti eredményeket tartalmazott, ezért a megfelelő egészre kell kerekítenünk ($a + b$) értékét!

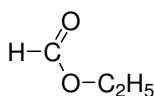
A **C** észterben egyetlen metilénsoport található, ez biztosan a metil-formiát (HCOOCH_3). (A másik lehetőség, azaz ha $a = 1$ és $b = 0$, esetén viszont az ecetsavat kapjuk eredményként, mely nem észter!) Tehát az egyik kiindulási sav a hangyasav, az egyik kiindulási alkohol pedig a metil-alkohol. A két közel azonos moláris tömegű észterben (**B** és **D**) azonos számú metilénsoport van ($a + b = 2$ mindkét észter esetén). Ez kétféleképpen teljesülhet: vagy $a = 1$ és $b = 1$, vagy $a = 0$ és $b = 2$ (természetesen $a = 2$ és $b = 0$ esetén ismét karbonsavat kapunk). Az első esetben a metil-acetátról van szó ($\text{CH}_3\text{COOCH}_3$), a második vegyület pedig az etil-formiát ($\text{HCOOCH}_2\text{CH}_3$). Tehát a két sav a hangyasav és az ecetsav, a két alkohol pedig a metanol és az etanol. Így a negyedik észter (**A**) csak az etil-acetát ($\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$) lehet (ekkor $a = 1$ és $b = 2$). (Megjegyzés: az **A** észter esetén elvileg lehetséges az $a = 0$ és $b = 3$, illetve az $a = 2$ és $b = 1$ párosítás is. Az első esetben propil-formiátot, míg a másodikban a metil-propionátot kapjuk, ám ezek nem teljesítik a feladat szövegének feltételét.)

Tehát a feladat megoldása:



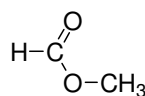
etil-acetát

A



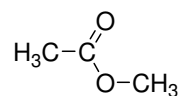
etil-formiát

B vagy D



metil-formiát

C



metil-acetát

D vagy B

(Benkő Zoltán)

H132.

Legyen $V \text{ cm}^3$ térfogatú folyadék és $(10-V) \text{ cm}^3$ térfogatú gőz a patronban 25°C -on! Ekkor a folyadék tömege: $0,7058 \text{ g/cm}^3 \cdot V \text{ cm}^3$, a gőz tömege $0,2387 \text{ g/cm}^3 \cdot (10-V) \text{ cm}^3$.

$$0,7058 \text{ g/cm}^3 \cdot V \text{ cm}^3 + 0,2387 \text{ g/cm}^3 \cdot (10-V) \text{ cm}^3 = 6,0 \text{ g}$$

$$\text{Ebből } V = 7,7 \text{ cm}^3.$$

Tehát 7,7 ml cseppfolyós CO_2 -ot és 2,3 ml gőzt tartalmaz a patron. (3 pont)

A folyadékfázis tömege (V értékét az előzőekbe behelyettesítve) 5,5 g, a gőzfázis tömege 0,5 g. A CO_2 5,5 g / 6,0 g = 0,92-ed része van cseppfolyós formában. (2 pont)

A patronban a nyomás 25°C -on a megfelelő gőznyomásérték, azaz 6401 kPa. (2 pont)

A táblázat adatai szerint a CO_2 kritikus pontja $31,1^\circ\text{C}$, e fölött a gőz teljes mennyisége gáz halmazállapotú. A nyomás értékének meghatározására felhasználhatjuk az ideális gázokra vonatkozó $pV = nRT$ egyenletet, melyből a megfelelő adatokat ($V = 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $n = 6,0 / 44 \text{ mol}$, $R = 8,314 \text{ J/Kmol}$, $T = 323 \text{ K}$) behelyettesítve $p = 3,7 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ adódik.

Ennél pontosabb eredményt ad a reális gázok állapotának leírására szolgáló egyenlet:

$$\left(p' + a \left(\frac{n}{V} \right)^2 \right) \left(\frac{V}{n} - b \right) = RT, \text{ ahol } \text{CO}_2 \text{ esetén } a = 0,3640 \text{ m}^6\text{Pa/mol}^2, b = 4,267 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$$

$$\text{Ebből } p' = 2,0 \cdot 10^7 \text{ Pa. (3 pont)}$$

A feladatra összesen 32 megoldás érkezett, a pontok átlaga 7,4. Hibátlan megoldást 7 tanuló küldött be.

(Kóczán György – Vörös Tamás)

H133.

a) Számítsuk ki a szükséges NaOH mennyiségét (1 dm^3 oldat esetén, az oldódás során a térfogatváltozást elhanyagolhatónak tekintve), melynek oldása során a pH egy egységet növekszik! (A [] minden esetben az egyensúlyi koncentrációt jelöli.)

- i) $0,1 \text{ mol/dm}^3$ -es HCl-oldat: $\text{pH} = 1,0$, $[\text{H}^+] = 0,1 \text{ mol/dm}^3$
 $\text{pH}_{\text{új}} = 2,0$, $[\text{H}^+]_{\text{új}} = 0,01 \text{ mol/dm}^3$. Ennek eléréséhez 0,09 mol HCl-t kell elreagáltatni 1 dm^3 oldat esetén, melyhez 0,09 mol NaOH szükséges. (1 pont)

- ii) 0,001 mol/dm³-es HCl-oldat: pH = 3,0, [H⁺] = 0,001 mol/dm³
 pH_{új} = 4,0, [H⁺]_{új} = 10⁻⁴ mol/dm³. Ennek eléréséhez 9·10⁻⁴ mol HCl-t kell elreagáltatni 1 dm³ oldat esetén, melyhez 9·10⁻⁴ mol NaOH szükséges. (1 pont)
- iii) 0,1 mol/dm³-es CH₃COOH-oldat:

$$A \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_s = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ összefüggés alapján felírható: } \frac{x^2}{0,1-x} = 1,8 \cdot 10^{-5},$$

melyből $x = [\text{H}^+] = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$

A pH értékének eggyel való növelése miatt

$$[\text{H}^+]_{\text{új}} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

Írjuk fel a szükséges, y mol NaOH adagolása után az egyensúlyra érvényes egyenleteket:

$$\text{töltésmérleg: } [\text{H}^+]_{\text{új}} + [\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

$$\text{anyagmérleg: } 0,1 \text{ M} = [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

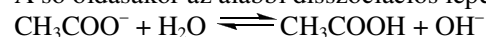
$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]_{\text{új}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K_s$$

A megfelelő értékeket beírva és az egyenleteket megoldva

$$y = 0,012 \text{ mol NaOH adódik.} \quad (1,5 \text{ pont})$$

- iv) Tiszta víz: pH = 7,0, [H⁺] = 10⁻⁷ mol/dm³
 pH_{új} = 8,0, [H⁺]_{új} = 10⁻⁸ mol/dm³
 A szükséges, x mol NaOH adagolása után az egyensúlyra érvényes egyenletek:
 töltésmérleg: $[\text{H}^+]_{\text{új}} + [\text{Na}^+] = [\text{OH}^-]$
 vízionszorzat: $[\text{H}^+]_{\text{új}}[\text{OH}^-] = K_v$
 Ebből $x = 9,9 \cdot 10^{-7} \text{ mol NaOH}$ (1 pont)

- v) 0,1 mol/dm³-es CH₃COONa-oldat
 A só oldásakor az alábbi disszociációs lépés megy végbe:



$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} =$$

A hidrolízisállandó:

$$= \frac{K_v}{K_s} = 5,6 \cdot 10^{-10}$$

Az egyensúlyra érvényes egyenletek:

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$$\text{töltésmérleg: } [\text{H}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

$$\text{anyagmérleg: } 0,1 \text{ M} = [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$\text{vízionszorzat: } [\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_v$$

$$\text{Ebből } [\text{OH}^-] = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3, \text{ azaz az oldat pH-ja: } 8,9$$

A pH értékének eggyel való növelése miatt

$$[\text{OH}^-]_{\text{új}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

x mol NaOH hozzáadása után újból felírhatók az alábbi egyenletek:

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]'[\text{OH}^-]_{\text{új}}}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]'}$$

$$\text{töltésmérleg: } [\text{H}^+]' + [\text{Na}^+]' = [\text{OH}^-]_{\text{új}} + [\text{CH}_3\text{COO}^-]'$$

$$\text{anyagmérleg: } 0,1 \text{ M} = [\text{CH}_3\text{COO}^-]' + [\text{CH}_3\text{COOH}]'$$

$$\text{vízionszorzat: } [\text{H}^+]'[\text{OH}^-]_{\text{új}} = K_v$$

$$\text{Ebből: } x = 7,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol NaOH szükséges.} \quad (2 \text{ pont})$$

- vi) 0,01 mol/dm³-es NaOH-oldat, pH = 12,0,

$$[\text{OH}^-] = 0,01 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pH}_{\text{új}} = 13,0, [\text{OH}^-]_{\text{új}} = 0,1 \text{ mol/dm}^3.$$

Ennek eléréséhez 0,09 mol NaOH-ot kell adagolni 1 dm³.

(1 pont)

- vii) 0,1 mol/dm³-es CH₃COOH és 0,1 mol/dm³-es CH₃COONa-oldat. A rendszer egy pufferrendszer,

$$\text{alkalmazható rá a } K_s = \frac{c_{\text{só}}}{c_{\text{sav}}} \cdot [\text{H}^+]$$

Ebből $[\text{H}^+] = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, azaz a pH = 4,7

pH_{új} = 5,7, $[\text{H}^+]_{\text{új}} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$

x mol NaOH adagolása után a pufferképletbe való helyettesítés:

$$K_s = \frac{0,1 + x}{0,1 - x} \cdot [\text{H}^+]_{\text{új}}$$

melyből $x = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol NaOH}$ (1,5 pont)

Tehát a legtöbb NaOH-ot a 0,1 mol/dm³-es -os HCl-oldat esetén, míg a legkevesebbet a tiszta víz esetén kell adagolni.

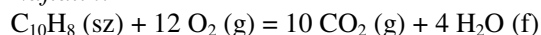
b) A kapott eredményeket áttekintve látható, hogy a legnagyobb pufferkapacitása az erős sav, illetve az erős bázis elég nagy koncentrációjú oldatának van. A koncentrációval csökken ezeknek az oldatoknak a pufferkapacitása. A pH skála középső régiójában a gyenge savat és annak erős bázissal alkotott sóját tartalmazó oldat pufferkapacitása a legnagyobb. Tehát valóban jól alkalmazhatók a pH stabilizálására a pufferoldatok, de erősen savas, illetve bázisos oldatoknál a pH beállítására használt erős sav/bázis maga a legjobb pH stabilizátor.

(1 pont)

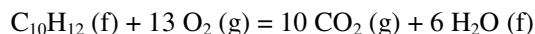
(Vörös Tamás, Magyarfalvi Gábor)

H134. Írjuk fel az egyes vegyületek égésének termokémiai egyenletét!

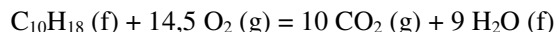
Naftalin:



Tetralin:



Dekalinok:



Az egyenletek alapján kiszámítható az egyes vegyületek standard égéshője (az elemi oxigén képződéshője 0 kJ/mol):

Naftalin:

$$\begin{aligned} \Delta_c H^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_8) &= [10 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{CO}_2) + 4 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - \\ &- [1 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_8) + 12 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{O}_2)] = \underline{\underline{-5229,7 \text{ kJ/mol}}} \end{aligned}$$

Tetralin:

$$\begin{aligned} \Delta_c H^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_{12}) &= [10 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{CO}_2) + 6 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - \\ &- [1 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_{12}) + 13 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{O}_2)] = \underline{\underline{-5677,6 \text{ kJ/mol}}} \end{aligned}$$

Cisz-dekalin:

$$\begin{aligned} \Delta_c H^\circ(\text{c-C}_{10}\text{H}_{18}) &= [10 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{CO}_2) + 9 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - \\ &- [1 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_{18}) + 14,5 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{O}_2)] = \underline{\underline{-6338,1 \text{ kJ/mol}}} \end{aligned}$$

Transz-dekalin:

$$\begin{aligned} \Delta_c H^\circ(\text{t-C}_{10}\text{H}_{18}) &= [10 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{CO}_2) + 9 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{H}_2\text{O})] - \\ &- [1 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_{18}) + 14,5 \cdot \Delta_k H^\circ(\text{O}_2)] = \underline{\underline{-6325,2 \text{ kJ/mol}}} \end{aligned}$$

A vizsgált termékegyben legyen a naftalin anyagmennyisége x, a tetralin y, a *cisz*-dekaliné z, a *transz*-dekaliné pedig w (mólban kifejezve)!

A termékegy össztömege a moláris tömegek alapján (grammban kifejezve):

$$M(\text{C}_{10}\text{H}_8) \cdot x + M(\text{C}_{10}\text{H}_{12}) \cdot y + M(\text{c-C}_{10}\text{H}_{18}) \cdot z + M(\text{t-C}_{10}\text{H}_{18}) \cdot w = 13,31$$

$$128,0 \cdot x + 132,0 \cdot y + 138,0 \cdot z + 138,0 \cdot w = 13,31 \quad (1)$$

Az égés során felszabaduló hő (negatív előjel!) felírható az egyes vegyületek égéshőinek összegeként (kJ-ban kifejezve):

$$\begin{aligned} \Delta_c H^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_8) \cdot x + \Delta_c H^\circ(\text{C}_{10}\text{H}_{12}) \cdot y + \Delta_c H^\circ(\text{c-C}_{10}\text{H}_{18}) \cdot z + \\ + \Delta_c H^\circ(\text{t-C}_{10}\text{H}_{18}) \cdot w = -579,6 \end{aligned}$$

$$(-5229,7) \cdot x + (-5677,6) \cdot y + (-6338,1) \cdot z + (-6325,2) \cdot w = -579,6 \quad (2)$$

Az égés során keletkezett víz anyagmennyisége:

$$n(\text{víz}) = (11,79 \text{ g}) / (18,0 \text{ g/mol}) = 0,655 \text{ mol.}$$

A keletkezett víz anyagmennyiségére is felírhatunk egy egyenletet:

$$4 \cdot x + 6 \cdot y + 9 \cdot z + 9 \cdot w = 0,655 \quad (3)$$

A feladat szövege alapján a *transz*-dekalin mennyisége másfélszerese a *cisz*-dekalinénak, melyből a következő egyenlet következik:

$$w = 1,5 \cdot z \quad (4)$$

Tehát az alábbi négyismeretlenes egyenletrendszer kell megoldanunk:

$$128,0 \cdot x + 132,0 \cdot y + 138,0 \cdot z + 138,0 \cdot w = 13,31 \quad (1)$$

$$(-5229,7) \cdot x + (-5677,6) \cdot y + (-6338,1) \cdot z + (-6325,2) \cdot w = -579,6 \quad (2)$$

$$4 \cdot x + 6 \cdot y + 9 \cdot z + 9 \cdot w = 0,655 \quad (3)$$

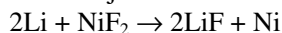
$$w = 1,5 \cdot z \quad (4)$$

Az egyenletrendszer megoldása: $x = 0,01$ mol, $y = 0,065$ mol, $z = 0,01$ mol, $w = 0,015$ mol. Ezek alapján a tömegszázalékos és mólszázalékos összetétel:

Vegyület	(m/m)%	(n/n)%
Naftalin	9,6%	10,0%
Tetralin	64,5%	65,0%
<i>cisz</i> -dekalin	10,4%	10,0%
<i>transz</i> -dekalin	15,5%	15,0%

(Benkő Zoltán)

H135. Az elemi lítium és a nikkell(II)-fluorid között lejátszódó kémiai reakció egyenlete:



Egy mol nikkell(II)-fluorid redukciója láthatóan 2 mol elektron vándorlásával jár. Az elemek jellemzésére használatos mAh egység elektromos töltést jelent. 2200 mAh nyilván 2,2 Ah, vagyis $2,2 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 7920 \text{ C}$. Egy mol elektron töltését a Faraday-állandó adja meg (96 485 C/mol), így a feladatban szereplő elem $7920 \text{ C} / 96 485 \text{ C/mol} = 0,082$ mol elektron töltésének áramoltatására képes. Ehhez nyilván legalább 0,082 mol Li és 0,041 mol NiF_2 szükséges, amelyek össztömege $0,082 \text{ mol} \cdot 6,94 \text{ g/mol} + 0,041 \text{ mol} \cdot 96,69 \text{ g/mol} = 4,5 \text{ g}$. Ez tekinthető egy ilyen elem elvi minimális tömegének, mert az egyéb alkatrészek (elektrodanyag, elektrolit, borítás) méretének nincsen elvi alsó határa.

Vegyük észre, hogy a feladat megoldásához nem volt szükség elektródpotenciálokra.

A beérkezett 28 megoldásból 26 kapott tíz pontot

(Lente Gábor)

HO-61.

a) A csak ^1H izotópokat tartalmazó hidrogénmolekula tömege 50%-kal változik, ha az egyik próciumot deutériumra (stabil izotóp) cseréljük, tríciumra (radioaktív izotóp) való cserénél a változás 100%. Bebizonyítjuk, hogy semmilyen más molekulában nem lehet a változás ennél nagyobb. Egy molekula tömegének százalékos megváltozása semmiképpen kisebb, mint a cserélt izotóp tömegének százalékos változása, mert

$$\frac{\Delta m_{\text{izotóp}}}{m_{\text{maradék}} + m_{\text{izotóp}}} < \frac{\Delta m_{\text{izotóp}}}{m_{\text{izotóp}}}$$

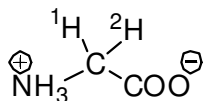
A képletben $m_{\text{izotóp}}$ a könnyebb izotóp tömege, $\Delta m_{\text{izotóp}}$ a két izotóp tömegkülönbsége, $m_{\text{maradék}}$ a molekula többi részének tömege. Ha csak stabil izotópokat veszünk figyelembe, akkor $\Delta m_{\text{izotóp}}/m_{\text{izotóp}}$ maximális értéke az összes hidrogéntől különböző elemre 4/3 a hélium esetében (^3He és ^4He). Ez eleve kisebb, mint a hidrogénmolekula esetében tapasztalható 50%-os tömegnövekedés. Ha radioaktív izotópok között is keresünk, akkor 2-nél nagyobb $\Delta m_{\text{izotóp}}/m_{\text{izotóp}}$ arány két elemre jöhet szóba. Az egyik a He (^3He és ^8He), de héliumtartalmú molekula nem ismert. A másik lehetőség a Be (^6Be és ^{13}Be). A legkisebb tömegű berilliumtartalmú molekula a BeH_2 , amelyben ez az izotópcsera a molekulatömeget 8-ról 15-re növeli, vagyis 87,5% növekedéssel jár. Így a megoldás csakis a hidrogénmolekula lehet függetlenül attól, hogy megengedünk-e radioaktív izotópokat vagy sem. Megjegyezzük még, hogy a magfizikában már a ^7H izotópot is leírták (becsült felezési ideje $2 \cdot 10^{-23} \text{ s}$), de a feladat kérdésére adott választ ez a tény sem befolyásolja.

b) Az izotópok eloszlása független a molekulától. Így az egyensúlyi állandó egyszerű valószínűségi számításokkal megadható. A bróm két izotópjának gyakoriságát paraméteresen vesszük figyelembe: ^{79}Br -é p (≤ 1), a ^{81}Br -é $(1-p)$. Így az elemi brómban a $^{79}\text{Br}^{79}\text{Br}$ móltörtje p^2 , a $^{81}\text{Br}^{81}\text{Br}$ -é $(1-p)^2$, a $^{79}\text{Br}^{81}\text{Br}$ -é $2p(1-p)$. Az egyensúlyi állandó:

$$K_x = \frac{[2p(1-p)]^2}{p^2(1-p)^2} = 4$$

Vegyük észre, hogy ez független az izotóp gyakoriságától!

c) A glicin szerkezete önmagában nem királis. Az izotópokat is megkülönböztetve az α -szénatomhoz kapcsolódva egy ^1H -t és egy ^2H -t tartalmazó izotopomer azonban már királis. A deutérium gyakorisága 0,00015, a próciumé 0,99985 így a királis forma gyakorisága $2 \cdot 0,00015 \cdot 0,99985 = 0,00030$.



1,0 gramm glicinben $6,0 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} \cdot 1,0 \text{ g} / 75,08 \text{ g/mol} = 8,0 \cdot 10^{21}$ db molekula van, így a királis molekulák száma $0,00030 \cdot 8,0 \cdot 10^{21} = 2,4 \cdot 10^{18}$ db.

A beérkezett 25 megoldásból 7 kapott tíz pontot.

(Lente Gábor)

HO-62.

A javítás során számos dilemma vetődött fel, ezekből írok le az alábbiakban néhányat. Ez talán mentségül szolgálhat arra, hogy a megoldásokat nem tudtam olyan szigorú alapelvek szerint pontozni, mint máskor.

A konkrét feladat szövege így fogalmazható át: sorold fel minél több olyan különböző molekulát, amelyben 5,7, illetve 8 különböző kétatom-távolság van; a hidrogénatomokat hagyd figyelmen kívül. Azaz a molekula geometriáját és szimmetriáját kellett együttesen figyelembe venni. Precíz értelemben két atom-atom távolság csak akkor egyezik meg, ha a szóban forgó két atompárt a molekula egyik szimmetriaművelete egymásba transzformálja. Például a tetraklór-etilénben az 1. szénatom és a második szénatomhoz kapcsolódó klóratom távolsága ugyanakkora, mint a 2. szénatom és az 1. szénatomhoz kapcsolódó klóratom távolsága, mivel a két atompárt a molekula C-C kötésre merőleges tükrösíkja egymásba transzformálja. Ugyanebből az okból viszont nem egyenlő az n-hexán 2-3., illetve 3. és 4. szénatomja közti távolság, mivel a két atompár a fent leírt módon nem transzformálható egymásba – holott mindkét esetben C-C egyes kötésről van szó. Hasonló módon az 1,3,5-trimetilbenzol (mezitilén) molekulájában sem egyenlő az 1-3., illetve a 2-4. szénatomok távolsága.

Más oldalról megközelítve a kérdést: a 2-metilbután molekulájában ugyanannyi különböző atompár-távolságot találhatunk, amennyit a 2-metil-propanolében; a 2-metilbutánban a 4. szénatom heteroatomnak számít, abban az értelemben, hogy a 3. és 4. szénatom közti távolság egészen biztosan különbözik, mondjuk az 1-2. szénatomok távolságától, annak ellenére, hogy mindkét esetben két sp^3 hibridizációjú szénatom távolságáról van szó. Például a PCl_5 axiális klóratomjai 214 pm, ekvatoriális klóratomjai 202 pm távolságban vannak a foszforatomtól – ezért a feladat szempontjából ez a molekula ekvivalens a transz- PF_2Cl_3 molekulával.

Eddig a tiszta elmélet. Most jön a gyakorlat: a radiális eloszlási függvényen a csúcsok szélessége legalább 0,1 angström. Nyilvánvaló tehát, hogy az olyan kis különbségek, amelyek a fent említett n-hexán molekulájában vannak, nem látszanak ezeken a görbéken. Az n-hexán ugyan szimmetria-megfontolások alapján 9 csúcsot adna (1-2., 1-3., 1-4., 1-5., 1-6., 2-3., 2-4., 2-5., 3-4. szénatomok távolsága), gyakorlatilag azonban csak 5 csúcsot ad (attól függően, hogy két szénatom egymástól hány C-C kötésnyi távolságra van). A meztitilén is tekinthető úgy, hogy benne a gyűrű szénatomjai szabályos hatszöget alkotnak. Nem ez a helyzet azonban az 1,3,5-triklórbenzol esetében, mivel a klóratomok – a metilsoporttal ellentétben – erős elektronszívó hatásuknál fogva megváltoztatják a molekula elektronsűrűség-eloszlását, azaz a kötésviszonyokat is (Ebben a molekulában a klóratomokat tartalmazó szénatomoknál a CCC kötésszög 122°). Hasonló a helyzet a klórbutánnál, ahol az 1-2., illetve a 2-3. szénatom távolsága biztosan nem egyenlő.

A szimmetria-megfontolásokon kívül természetesen a geometriai viszonyokat is figyelembe kell venni. Például az AX_3BC típusú molekulák közül például a triklór-acetonitrilt elfogadtam, mint 7 csúcsot adó molekulát, de a triklór-acetaldehidet, vagy a triklór-etanolat nem. A hármas kötés tartalmazó vegyületekben ugyanis a B-C kötés egy vonalba esik az A-B kötéssel (sp hibridizáció), így a B jelű atom egyenlő távolságra van mindhárom X atomtól, míg a többi két molekula esetében az oxigénatom az egyik klóratomtól távolabb van, mint a többi kettőtől.

Néhányan azt feltételezték, hogy a cikloalkánok szabályos n-szög szerkezetűek, ezért egy n szénatomot tartalmazó cikloalkán molekulájában $n/2$ darab kétatom-távolság van. Sajnos azonban ez nem igaz, továbbá a szomszédos szénatomok távolsága sem egyenlő ezekben a molekulákba (a cikloidekánban az egymás melletti szénatomok távolsága 1,529, illetve 1,538 angström.)

Egy további szempont volt, az hogy bizonyos szerkezetű molekulákhoz rengeteg analóg szerkezetű molekula rendelhető – amelyek atomjai között kölcsönösen egyértelmű megfeleltetés létesíthető, és így a radiális eloszlási

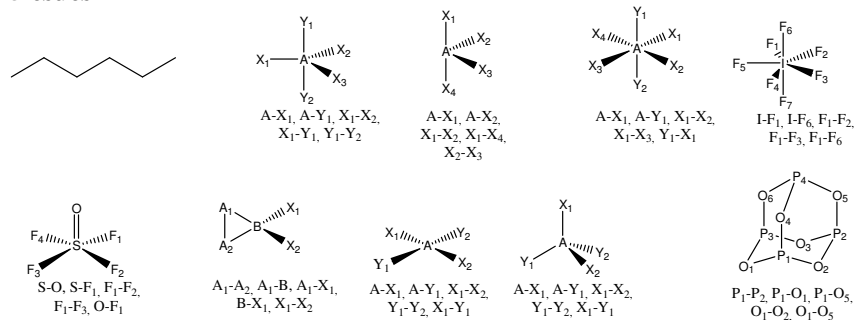
görbén ugyanannyi csúcsot adnak. Nyilvánvaló, hogy az SO_2Cl_2 ugyanannyi csúcsot ad, mint az SO_2F_2 illetve az SO_2Br_2 . Ezek a molekulák azonban analógok a CF_2Cl_2 -vel, sőt a $\text{CF}_2(\text{CH}_3)_2$ -vel is. A megoldók közül *Sveiczzer Attila* próbálta meg általános szerkezetekkel leírni az általa talált molekulákat: a különböző atomokat/atomcsoportokat különböző, az azonosakat azonos betűvel jelölte, A,B,C-vel a központi atomokat, X,Y,Z-vel a ligandumokat, X_0 -lal pedig a nemkötő elektronpárokat, illetve a hidrogénatomokat jelölte.

Mindezt figyelembe véve a megoldásokat a következőképp pontoztam: ha egy megoldás mind geometriai, mind szimmetria-viszonyok alapján helyesnek bizonyult, 1 pontot adtam rá; ha analóg molekulákat is felsorolt a beküldő, további 0,5 pontot kapott. Úgy tekintettem, hogy a szerves molekulák alkil-szubsztituált változataiban a kötésviszonyok nem változnak az eredetihez képest; továbbá a nyílt láncú alkánokban is úgy tekintettem, hogy bennük csak egyféle C-C kötéstávolság van. Az ilyen vegyületekre 0,25 pontot adtam; amennyiben analóg vegyületeket is felsorolt a versenyző, 0,5 pontot kapott. Az erősen elektronszívó- vagy elektronszállító csoportokkal szubsztituált vegyületek esetén azonban már nem fogadtam el ezt a feltételezést, ezért ezekre nem adtam pontot.

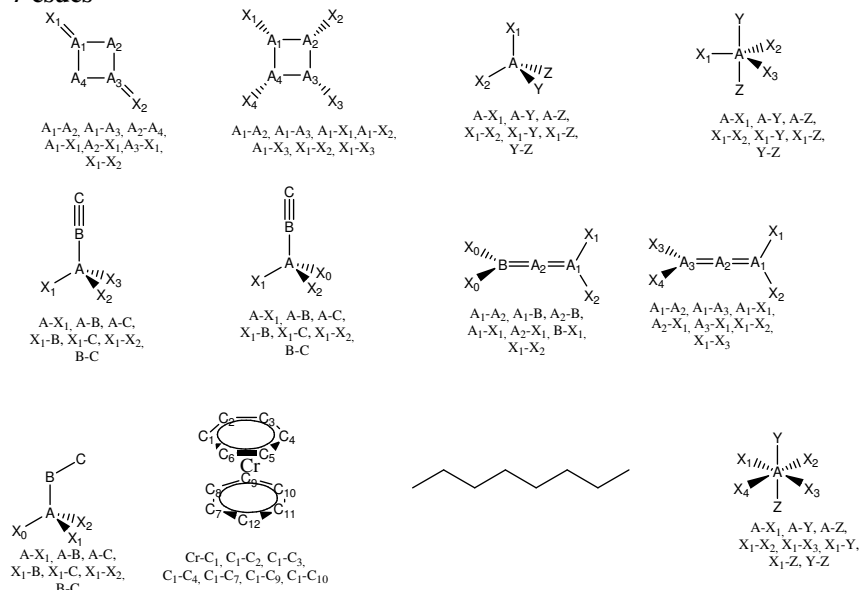
A feladat átlagos pontszáma igen alacsony lett: 3,1 pont. Két megoldó küldött be kiemelkedően jó megoldást (10 pont): *Sveiczzer Attila* (Bp., *Eötvös József Gimnázium, 12.o.t.*) és *Pós Eszter Sarolta* (Bp., *ELTE Radnóti Miklós Gyakorlóiskola, 12.o.t.*).

Végezetül álljon itt a teljesség igénye nélkül néhány megoldás. Ezeket a legtöbbször (hacsak nem valamilyen igen speciális szerkezetű molekuláról volt szó) általános képlettel adtam meg (*Sveiczzer Attila* megoldása alapján, ld. fenn). A megadott szerkezetekben a geometria rögzített, a kötések rendűsége azonban nem feltétlenül.

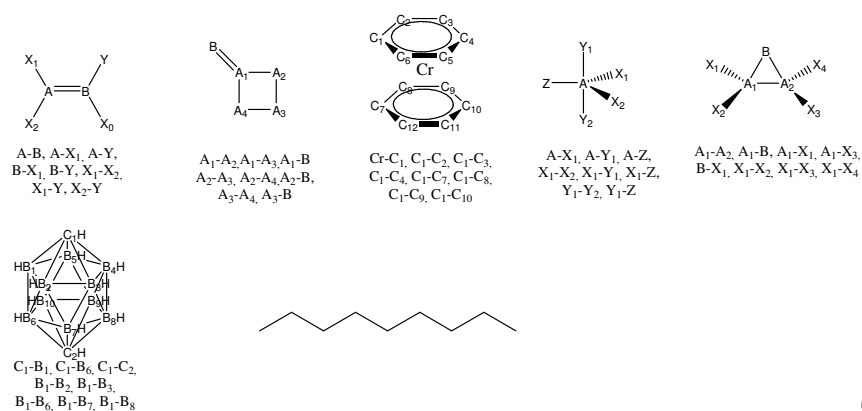
5 csúcs



7 csúcs



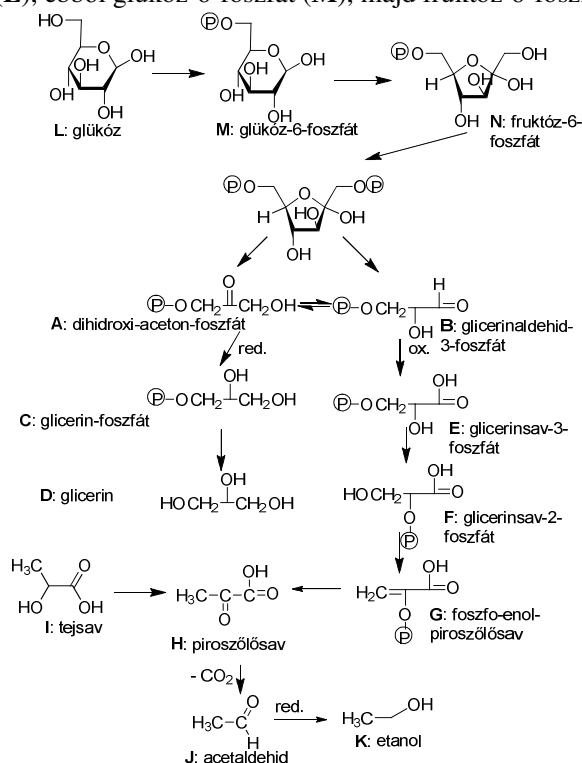
8 csúcs



(Komáromy Dávid)

HO-63.

a) A fruktóz összegképlete $C_6H_{12}O_6$. Ha a foszfátcsoportot csak P-vel jelöljük, akkor a fruktóz-1,6-difoszfát összegképlete: $C_6H_{10}O_4P_2$. **A** és **B** összegképlete ez alapján $C_3H_5O_2P$. Mindkét vegyület foszfátészter, és van bennük oxocsoport. A három szénatomnak így még 5 szabaddal vegyértéke marad 1 oxigénre és 5 hidrogénre. A maradék oxigén hidroxil-csoport formájában lesz a vegyületben, így a két vegyület a glicerinaldehid-3-foszfát és a dihidroxi-aceton-foszfát. Mivel a **B** termék oxidálódni fog, ez lesz a glicerinaldehid-3-foszfát, és az **A** lesz a dihidroxi-aceton-foszfát. Ezek alapján a **C** termék a glicerín-foszfát, a **D** pedig a glicerín. A másik úton az **E** termék a glicerinsav-3-foszfát, az **F** a glicerinsav-2-foszfát. A **G** a foszfoenol-piroszölősav, a **H** a piroszölősav. A piroszölősav redukált alakja a tejsav (**I**). A folyamat végén a **J** az acetaldehid, a **K** pedig az etanol. A folyamat a glükózból indul (**L**), ebből glükóz-6-foszfát (**M**), majd fruktóz-6-foszfát (**N**) lesz.



b) A glicerínből képzett robbanószernek a neve: nitroglicerín. Ez helytelen, ugyanis a molekula salétromsavészter, így nem nitrocsoportot - hanem nitrátcsoportot tartalmaz, mégpedig 3-at. Tehát a helyes neve glicerín-trinitrát. 29 dolgozat érkezett, a pontátlag 8,51 volt. Hibátlan megoldást adott be: Sebő Anna, Pánczél János Károly és Sveczer Attila. Tipikus hiba volt, hogy a glükóz helyett az allózt ábrázolták a nyílt láncú formában. Ezért érdemes odafigyelni a nyílt láncú cukrokl is a sztereokémia jelölésére.

(Bacsó András)

