Feladatok haladóknak

Alkotó szerkesztő: Varga Szilárd
(szilard.varga@bolyai.elte.hu)

Megoldások

H71.

$SCN^- + 4Br_2 + 4H_2O \rightarrow BrCN + SO_4^{2-} + 7Br^- + 8H^+$ (2 pont)

$7HN_3 \rightarrow NH_3 + 9N_2 + N_2H_4; 15HN_3 \rightarrow NH_3 + 19N_2 + 3N_2H_4$ (3 pont)

Ezt az egyenletet többféleképpen ki lehet egészíteni, mivel 2 független folyamat van egy egyenletbe foglalva: a $3HN_3 \rightarrow NH_3 + 4N_2$ és a $4HN_3 \rightarrow 5N_2 + N_2H_4$ reakciók. Ezt a két utóbbi egyenletet viszont már csak egyféleképpen lehet kiegészíteni. Ezek tetszőleges lineáris kombinációja megfelelő kiegészítése az eredeti egyenletnek. Végtelen számú lehetőség van. (3 pont)

$$2(NH_4)_3P(Mo_3O_{10})_4 + 46NaOH \rightarrow$$
$$2(NH_4)_2HPO_4 + (NH_4)_2MoO_4 + 23Na_2MoO_4 + 22H_2O$$ (2 pont)

A feladattal 25-en foglalkoztak. Nem jelentett több megoldást, ha valaki többféleképpen egészítette ki a víz ionjaival az első egyenletet. A 2 egyenlet esetén egy egyenlet felírása 2 pont, míg a maradék 1 pontért elég volt felírni 1 másik, lineárisan független megoldást. Hibátlanul 5-en oldották meg a feladatot (Bacsó András, Kiss-Tóth Annamária, Mestyán Márton, Szabó Orsolya, Vörös Tamás).

Stirling András

H72.

Legyen az **A** vegyület moláris tömege $M_{\mathbf{A}}$, a **B** vegyületé $M_{\mathbf{B}}$. Mivel **A** vizes oldata savas, biztosan tartalmaz karboxilcsoportot (fenolos hidroxilcsoportot feltételezve, a feladatot megoldva kapott összegképlethez, nem rendelhető valós szerkezet). Mivel egy karboxilcsoport fél mól H_2-t fejleszt és egy mol NaOH-t fogyaszt, ezért a karboxilcsoportok 1,563 mmol · 0,5 = 0,7815 mmol gázt fejlesztettek. Összesen

$\frac{25,52\ \text{cm}^3}{24,5\ \text{cm}^3/\text{mmol}} = 1,042$ mmol hidrogén fejlődött. A maradék gáz csak hidroxilcsoportokból fejlődhetett.

Ha **A** molekulánként a db karboxil-, és b db hidroxilcsoportot tartalmaz, akkor a felírható egyenletek:

$$\frac{a \cdot 0,1\text{g}}{M_A} = 1,563 \text{ mmol}$$

$$\frac{0,5b \cdot 0,1\text{g}}{M_A} = 1,042\text{mmol} - 0,7815\text{mmol} = 0,2601 \text{ mmol}$$

Innen egyrészt $\frac{a}{b} = 3$, másrészt $M_{\mathbf{A}} = 64a$ g/mol. Mivel a osztható 3-mal és $M_{\mathbf{A}} < 200$ g/mol, ezért $a = 3$, $b = 1$ és $M_{\mathbf{A}} = 192$ g/mol. Ebből 3 db COOH és 1 db OH csoport. A maradék – ami a feladat szövege szerint csak szén és hidrogénatomokból áll – moláris tömege (192-3·45-17) g/mol = 40 g/mol. Ez csak úgy lehetséges, ha ezt a maradékot három szén-, és négy hidrogénatom alkotja.

Tehát **A** lehetséges molekulaszerkezetei:

1. $CH_3–CH(OH)–C(COOH)_3$
2. $HOCH_2–CH_2–C(COOH)_3$
3. $CH_3–C(OH)(COOH)–CH(COOH)_2$
4. $HOOC–CH_2–CH(OH)–CH(COOH)_2$
5. $HOCH_2–CH(COOH)–CH(COOH)_2$
6. $HOOC–CH(OH)–CH_2–CH(COOH)_2$
7. $CH_3–C(COOH)_2–CH(OH)–COOH$
8. $HOOC–CH_2–C(COOH)_2–CH_2OH$
9. $HOOC–CH(OH)–CH(COOH)–CH_2COOH$
10. $HOOC–CH_2–C(OH)(COOH)–CH_2COOH$

Ezek közül csak a 2., 8., és 10. molekula akirális. A 2. és 8. szerkezetekben azonban a karboxilcsoporthoz képest β-helyzetben kettős kötés

található, az ilyen karbonsavak pedig sósavval való melegítés hatására dekarboxileződnek (CO_2 fejlődik).
A kiindulási **A** vegyület tehát a **citromsav (HOOC–CH$_2$–C(OH)(COOH)–CH$_2$–COOH)**.
B-t 1,370 mmol NaOH semlegesíti, illetve fémnátrium hatására $\frac{16,78\ \text{cm}^3}{24,5\ \text{cm}^3/\text{mmol}} = 0,6850\ \text{mmol}$ hidrogén fejlődik belőle. Mivel az előbbi mennyiség az utóbbinak a fele, ezért **B** nem tartalmaz hidroxilcsoportot (Ezt a permanganátos oxidáció alapján is sejthettük volna, legfeljebb azt tudtuk meg, hogy sem **A**, sem **B** nem tartalmaz fenolos hidroxilcsoportot. Ez ugyanis savas jellegű és hidrogéngáz is fejlődik belőle.)
Ha **B** molekulánként *c* db karboxilcsoportot tartalmaz, akkor a felírható egyenlet:

$$\frac{c \cdot 0,1\text{g}}{M_B} = 1,370\ \text{mmol}$$

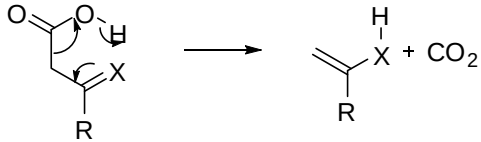
Innen $M_\mathbf{B} = 73c$ g/mol. Mivel *c* nem lehet páratlan (ekkor $M_\mathbf{B}$ páratlan volna, ez pedig nem lehetséges egy csak C, H és O atomokból álló vegyület esetén), ezért $c = 2$, azaz $M_\mathbf{B} = 146$ g/mol.
Ebből 2 db COOH csoport, ezek valószínűleg a láncvégi karboxilcsoportok. A 2-es szénatomon nem következett be lánchasadás, mert az így keletkező vegyületek moláris tömege kisebb, mint 146 g/mol. Ezért az ehhez a szénatomhoz tartozó hidroxilcsoport csak oxocsoporttá oxidálódott. Ekkor viszont a szénnek csak úgy lehet négy vegyértéke, ha az ehhez a szénatomhoz tartozó karboxilcsoport lehasadt, méghozzá szén-dioxid formájában.
A **B** vegyület tehát a **2-oxo-1,3-propándikarbonsav (HOOC-CH$_2$-CO-CH$_2$-COOH**), a reakció egyenlete pedig:

$$5\ \text{HOOC–CH}_2\text{–C(OH)(COOH)–CH}_2\text{–COOH} + 2\ \text{MnO}_4^- + 6\ \text{H}^+ \rightarrow 5\ \text{HOOC–CH}_2\text{–CO–CH}_2\text{–COOH} + 5\ \text{CO}_2 + 2\ \text{Mn}^{2+} + 8\ \text{H}_2\text{O}$$

Megjegyzések

- *A feladatra 21 megoldás érkezett, hibátlan megoldás nem volt. 9 pontot ért el Batki Júlia és Prőhle Zsófia. A megoldások átlaga 6,3 pont.*
- *Sokan eljutottak a citromsav és a 2-oxo-1,3-propándikarbonsav szerkezeti képletéig, de az indoklás hiányos volt. Többen kihasz-*

*nálták, hogy **A** akirális, a dekarboxileződés elmaradását azonban nem vették figyelembe. Volt olyan versenyző, aki éppen ezért olyan szerkezeti képletet adott meg, amelyben egy szénatomon több karboxilcsoport van, márpedig az ilyen karbonsavak savas főzés hatására szinte mindig dekarboxileződnek. Sőt, savas főzés és/vagy melegítés hatására általában dekarboxileződnek a β-helyzetben kettős kötést tartalmazó karbonsavak is. Az általános reakciómechanizmus:*



Az X lehet oxo-, imin- vagy tetszőleges alkilidéncsoport (az első két esetben természetesen a végtermék tautomerizálódik és újra oxovegyületet, illetve imint kapunk); R pedig tetszőleges csoport.

Komáromy Dávid

H73.

a) A **II** – **IV** színes vegyületeket tartalmazó oldatokat nátrium-tioszulfát mérőoldattal való titrálással színtelenítjük el; feltételezhetőleg jódot (vagy polijodid iont tartalmaznak). A titrálás egyenlete a következő:

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

A jodidionok hozzáadott hidrogén-peroxid hatására savas közegben a következő egyenlet szerint oxidálódnak jóddá:

$$2I^- + H_2O_2 + 2H^+ = I_2 + 2H_2O$$

1 pont

b) Az ismeretleneknél a tioszulfát fogyása nagyobb volt a hidrogén-peroxid hozzáadása utáni mérésnél. Tehát a kiindulási oldatok jodidot és jódot (kivéve az **I** oldat) is tartalmaznak. A két titrálás során fogyott tioszulfát mennyiségének arányát a következő táblázat tartalmazza:

Vegyület	$V(Na_2S_2O_3, 2) : V(Na_2S_2O_3, 1)$
II	3 : 2
III	4 : 3
IV	5 : 4

A kísérleti eredmények alapján a vegyületek a következő általános képlettel írhatók le: $AI_n \cdot m_k I_2$ (ahol, k = **I** – **IV**; az **I** vegyületnél $m_{\mathbf{I}} = 0$, mivel csak jodidot tartalmaz, és jódot nem). Mindegyik minta tömege megegyezik, moláris tömegeik arányát így könnyű kiszámolnunk. Legyen x a minta tömege és M_k az **I** – **IV** vegyületek moláris tömege. Ekkor a következő összefüggéseket írhatjuk fel ($\nu(Na_2S_2O_3, 2)_k$ az k-adik vegyületre a második titrálás során fogyott nátrium-tioszulfát anyagmennyisége):

$$\nu\left(\mathrm{Na_2S_2O_3},2\right)_{\mathbf{I}} = \frac{nx}{M_{\mathbf{I}}} \;;$$

$$\nu\left(\mathrm{Na_2S_2O_3},2\right)_k = \frac{\left(n+2m_k\right)x}{M_k} \;;$$

$$\frac{M_k}{M_{\mathbf{I}}} = \frac{\left(n+2m_k\right)\nu\left(\mathrm{Na_2S_2O_3},\ 2\right)_{\mathbf{I}}}{n\nu\left(\mathrm{Na_2S_2O_3},\ 2\right)_k} =$$

$$= \frac{\left(n+2m_k\right)V\left(\mathrm{Na_2S_2O_3},\ 2\right)_{\mathbf{I}}}{nV\left(\mathrm{Na_2S_2O_3},2\right)_k} =$$

$$= \left(1+2\frac{m_k}{n}\right)\frac{V\left(\mathrm{Na_2S_2O_3},2\right)_{\mathbf{I}}}{V\left(\mathrm{Na_2S_2O_3},2\right)_k}.$$

Az m_k/n arány a két titrálás során fogyott tioszulfát mennyiségének arányából mindegyik vegyületre kiszámítható (**II**, **III**, **IV** esetén rendre 1; 1,5; 2). A moláristömeg-arányokat a harmadik egyenletből így már számolhatjuk:

$$M_{\mathbf{I}} : M_{\mathbf{II}} : M_{\mathbf{III}} : M_{\mathbf{IV}} = 1 : 1{,}974 : 2{,}464 : 2{,}962.$$

A kation moláris tömegének számításához a következő egyenletekből indulhatunk ki:

$M(\mathrm{A}) + (n+2m_k)M(\mathrm{I}) = M_k$

$M(\mathrm{A}) + nM(\mathrm{I}) = M_{\mathbf{I}}$

Átalakítva:

$$M(\mathrm{A}) = \left(\frac{2m_k}{M_k / M_{\mathbf{I}} - 1} - n\right)M(\mathrm{I})$$

Mivel m_k-nek és n-nek csak az arányát ismerjük, próbálgatással kell megkeresnünk a kation vegyértékét (n). A megfelelő m_k értékek a táblázatban találhatók:

Vegyület	m_k			
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
II	1	2	3	4
III	1,5	3	4,5	6
IV	2	4	6	8

A kation tömegének kiszámításánál csak $n = 1$ esetén adódik elfogadható eredmény: M(A) = 133,7 g/mol. Tehát a kation a **cézium**. A vegyületek a következők: **I** = CsI; **II** = CsI_3; **III** = CsI_4 (Cs_2I_8); **IV** = CsI_5.

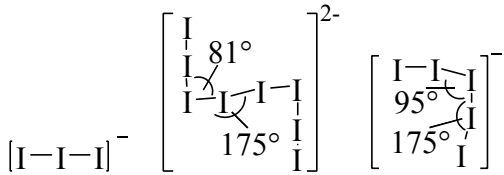
5 pont

c) A minták tömege:

$$x = 260 \cdot 7{,}7 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}05 = 0{,}1 \text{ g}.$$

1 pont

d) Az anionok alakjai:



I_3^- I_8^{2-} I_5^-

3 pont

A feladatra elég kevés megoldás érkezett. Hibátlan megoldást Kiss-Tóth Annamária küldött be. A pontátlag 48,3%-os.

Varga Szilárd

H74.

a) Egy lehetséges megoldás:

A feladatban van egy könnyedén megfogható pont: A **J** ismeretlen körülírása egyértelműen a karbamidra utal. Egyrészt Wöhler miatt, de aki ennek a tudománytörténeti ismeretnek nincs birtokában, az az NH_4OCN-ből rendelkezik egy lehetséges összegképlettel (CH_4N_2O), illetve egy előfordulással. Ha a fentiek alapján kitaláltuk, hogy a **J** a karbamid, akkor **F** és **I**

kitalálása sem jelenthet gondot. A kiindulási **F** vegyület egy olcsón szintetizálható gáz, aminek nitrogént és hidrogént kell tartalmaznia, így **F** az ammónia. Ezután már egy olyan egyenletünk van, amelynek tudjuk a kiindulási vegyületeit, valamint tudjuk, hogy a termék hevítve vizet veszít, és karbamidot ad. Ez alapján **I** az ammónium-karbamát.

B vegyületről tudjuk, hogy lapcentrált kockarácsban kristályosodó ionos vegyület. Tehát kationt és aniont kell keresnünk. Tudjuk, hogy egy viszonylag erős, de illékony sav sója, hiszen a kénsav második protonja csak 450 °C-on űzi ki. Ugyanakkor tudjuk, hogy a keletkező sav vizes oldata megtalálható az emlősállatokban, és ráadásul a só nagy mennyiségekben megtalálható a természetben. Mindezen információk alapján jó választás lehet valamilyen gyakori, egyszeresen pozitív kation kloridja (pl. NaCl vagy KCl).

Ezek alapján következtethetünk arra is, hogy **G** NH_4Cl: sem az ammónia vagy ammóniumion, sem a kloridion nem lehet jelen **A**-ban, hiszen az 1-es úton haladva ezek nem kerülnek a végtermékbe. **B** kationjának megfejtéséhez később további meggondolásokat tehetünk.

E megfejtése: Mivel úgy sejtjük, hogy **C** két lépéses keletkezése során HCl (**D**) volt a melléktermék, **C**-nek egy szulfátnak kell lennie. A szulfátból és $CaCO_3$-ból, valamint szénből egyéb termékek mellett CO keletkezett.

Ez két módon történhet:

1) A karbonát redukálódik,
2) a szén oxidálódik.

Az első lehetőség az adott vegyületek mellett nem túl valószínű, míg második annál inkább: a szulfátot a szén redukálta. (Meg kell jegyeznem, hogy az eljárást gyakran CO_2 végtermékkel találjuk meg. A CO megjelenése főleg a folyamat végén jellemző, így ezen mérgező gáz lángjának felcsapását használták a folyamat végének jelzésére. A CO_2-vel felírt egyenlet jó megoldás, sőt, a teljes folyamatot pontosabban írja le.)

A 2-es út során nem alkalmazunk sem Ca, sem S-tartalmú vegyületet, ezért **A** nem, de **E** tartalmazza ezen elemeket.

Mivel **E**-ből víz hatására, kellemetlen szagú anyag szabadul fel, **E** valószínűleg CaS.

Sok megoldásban szerepel a $CaSO_3$, ami valóban egy lehetséges redukált termék (és csekély mennyiségben keletkezik is a folyamat során), viszont vízzel való reakciója nem termel sok SO_2-t, hiszen a hidrogén-szulfit ion nem elég erős bázis, ráadásul levegő jelenlétében könnyen oxidálódik.

A fentiek alapján **A** egy karbonát, ami összhangban van az üvegipari és tisztítószerként való felhasználással.
Mivel **H**-t hevítve CO_2, H_2O és karbonát keletkezik, **H** feltehetően egy hidrogén-karbonát.
A kationprobléma eldöntésére két lehetőség van. Egyrészt, mivel **H**-t a háztartásban alkalmazzuk, tudhatjuk, hogy ez a $NaHCO_3$, és ekkor **B** a NaCl. A másik lehetőség a feladat második mondatát is figyelembe véve abból a felismerésből fakadhat, hogy a séma a Le Blanc- (1) és a Solvay-féle (2) szóda-, azaz Na_2CO_3-gyártást ábrázolja. Az utóbbi folyamatban (mely nagy előrelépést hozott) kihasználjuk a $NaHCO_3$ csekély vízoldhatóságát: a 2-es út első lépésénél ez a vizes oldatból jórészt kicsapódik, míg az NH_4Cl oldatban marad (a $KHCO_3$ oldhatósága jóval nagyobb, erre alkalmatlan lenne).

Ismeretlenek:

A = Na_2CO_3

B = NaCl

C = Na_2SO_4

D = HCl

E = CaS

F = NH_3

G = NH_4Cl

H = $NaHCO_3$

I = $H_2NCOONH_4$

J = $OC(NH_2)_2$

Egyenletek:

$$NaCl + H_2SO_4 \xrightarrow{150\ °C} NaHSO_4 + HCl$$

$$NaHSO_4 + NaCl \xrightarrow{450\ °C} Na_2SO_4 + HCl$$

$$Na_2SO_4 + CaCO_3 + 4C \longrightarrow CaS + 4CO + Na_2CO_3$$

$$CaS + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + H_2S$$

$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$$

$$NaCl + NH_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$

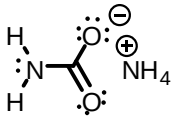
$$2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

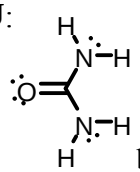
$$2\ NH_3 + CO_2 \longrightarrow H_2NCOONH_4$$

$$H_2NCOONH_4 \longrightarrow OC(NH_2)_2 + H_2O$$

$$NH_4OCN \longrightarrow OC(NH_2)_2$$

Ha egy reakció két lépésben zajlik le, azt érdemes két egyenletként felírni.

I: 

J: 

b)

A szerkezeti képleteknél gyakori hiba volt a karbamátion egyik oxigénje és az ammóniumion közé rajzolt kovalens kötés. Ez helytelen, mivel így a nitrogén körül 5 kötés (5 kötő elektronpár) lenne. A nemkötő elektronpárokkal nem sokan számoltak el, és a negatív töltést többen egy elektronpárral összetéveszthetően tüntették fel. Ez utóbbi probléma megelőzhető azzal, ha a töltéseket bekarikázzuk, vagy ha a szögletes zárójeleken kívül tüntetjük fel azokat.

c) **F** alkalmazását egyszerűen az indokolja, hogy ammónia nélkül a reakcióelegyben a CO_2 nagy többsége nem HCO_3^- alakjában, hanem CO_2-ként lenne jelen. Az ammónia tulajdonképpen bázisként, majd pufferként a

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H_3O^+$$

reakciókban keletkező protonokat köti meg, ezáltal az egyensúlyokat tolja el a felső nyíl irányába, biztosítva ezzel a $NaHCO_3$-ra nézve telített oldatot.

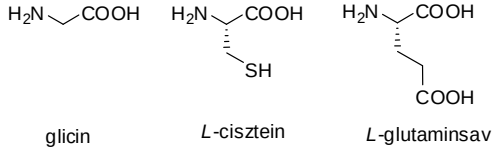
Daru János

H75.

a) A tripeptidet három természetes aminosav alkotja. A peptidben csak két kiralitáscentrum található, ebből arra lehet következtetni, hogy az egyik aminosav a kiralitáscentrumot nem tartalmazó **glicin**. Az oxidált állapotban történő dimerizációból arra következtethetünk, hogy a dimert cisztein részletek oxidálásával képződő cisztin tartja össze. Tehát a másik peptidépítő aminosav a **cisztein**. A töltésszámokból, illetve a titrálás eredményéből arra következtetünk, hogy a peptidben két szabad savas csoport található. Az egyik ebből a peptid C-terminálisán lévő karboxilcsoport, a másik a harmadik aminosav oldalláncán található. Ilyen aminosavak a

glutaminsav, az aszparaginsav, illetve a tirozin. Az oxigéntartalom alapján a harmadik aminosav a **glutaminsav**.

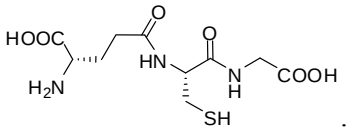
Tehát a peptidet alkotó aminosavak:



4 pont

b) Mivel a dimer a középső aminosavon keresztül alakul ki, ezért a cisztein a középső aminosav. Mindegyik aminosav hordoz –1 töltést erősen bázikus közegben, ezért a glicin található a C-terminálison. Az N-terminálison a glutaminsav található. A peptidben található két kiralitáscentrum a lehető legtávolabb helyezkedik el, ezért a glutaminsav nem az α-, hanem a γ-karboxilcsoportjával vesz részt a peptidkötés kialakításában.

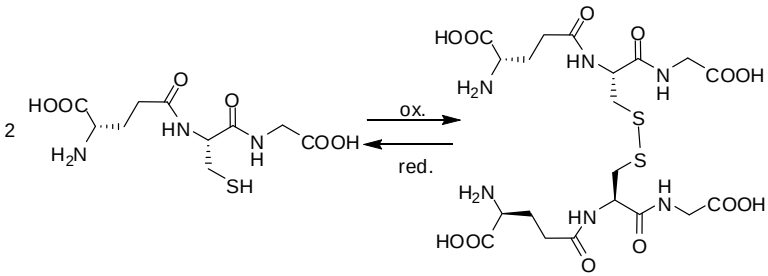
Tehát a tripeptid szerkezete:



Ez a tripeptid a γ-glutation (γ-*L*-glutamil-*L*-ciszteinil-glicin).

3 pont

c)



1 pont

d) *A feladatrész megfogalmazása nem volt egyértelmű, nem derült ki, hogy az aminosavak csak egyszer vagy többször is szerepelhetnek a tripeptidben. Ezért mind a két megoldás helyesnek elfogadható.*
Tripeptid alatt olyan molekulát értünk, amelyben három aminosav és két peptidkötés található.
d1) *Az aminosavak többször is szerepelhetnek.* A glutaminsav két különböző peptidkötést tud kialakítani, ezért a probléma hasonlít arra, mintha négy aminosavunk lenne; kivéve a C-terminálist, mivel azon csak egyféle módon tud elhelyezkedni (csak egy NH_2-csoport van benne). Tehát az N-terminálisra és a középső helyre 4–4 aminosavból választhatunk, míg a C-terminálisra 3 aminosavból. Tehát összesen ilyen tripeptidből 48 képzelhető el. Figyelembe kell venni azt a furcsa peptidet is, aminek két C-terminálisa van. Azaz a középen elhelyezkedő glutaminsav mindkét karboxilcsoportjához peptidkötéssel kapcsolódnak aminosavak. Ilyen tripeptidből 9 található. Tehát összesen **57** tripeptidet építhetünk fel ezzel a három aminosavval.
d2) *Az aminosavak csak egyszer szerepelhetnek.* Három aminosavból 6 különböző tripeptid építhető fel. Ezen tripeptidekből 2-ben található glutaminsav a C-terminálison, a másik 4 peptidben kétféleképpen kapcsolódhat, tehát ezeket is figyelembe kell venni. Ebben az esetben sem felejtkezhetünk meg a kettő C-terminálist tartalmazó peptidekről, ezekből ebben az estben 2 képzelhető el. Tehát **12** tripeptidet építhetünk fel ezzel a három aminosavval.

2 pont

A feladatra sok megoldás érkezett. Hibátlan megoldást Sarka János küldött be. A feladat megoldásánál problémát jelentett a glutaminsav γ-peptidkötésének felismerése, illetve az utolsó feladatrésznél ennek a tulajdonságnak a kihasználása. A pontátlag 78,5%-os.

Varga Szilárd

HO-26.

a)

Krómzöld, króm(III)-oxid: $Na_2Cr_2O_7 + S = Cr_2O_3 + Na_2SO_4$;

Ólom–ón-sárga, ólom(II)-sztannát: $2PbO + SnO_2 = Pb_2SnO_4$;

Mínium, ólom(II,IV)-oxid: $6PbO + O_2 = 2Pb_3O_4$;

Egyiptomi kék, kalcium-réz(II)-szilikát:

$$CaCO_3 + CuO + 4SiO_2 = CaCuSi_4O_{10} + CO_2.$$

Ez a feladatrész 2 pontot ért. A legtöbb nehézséget az egyiptomi kék festék okozta.

b) A bórax, mint „folyósítószer” csökkenti az elegy olvadáspontját, ezáltal a reakció gyorsabban lejátszódhat. A nyerstermék vizes és híg sósavas mosással tisztítható (ezzel a bórax, a kalcium-karbonát és a réz(II)oxid távolítható el). A feleslegben maradt szílicium-dioxidot nem kell eltávolítani; mivel átlátszó, nem zavarja a festék színét.

1 pont

c)

Kék: Turnbull-kék ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$) és Berlini-kék ($Fe_3[Fe(CN)_6]_2$)

$3K_4[Fe(CN)_6] + 4FeCl_3 = Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12KCl$

$2K_3[Fe(CN)_6] + 3FeCl_2 = Fe_3[Fe(CN)_6]_2 + 6KCl$

Sárga: Krómsárga ($PbCrO_4$)

$Pb(NO_3)_2 + K_2CrO_4 = PbCrO_4 + 2KNO_3$

Zöld: rézrozsda ($Cu(CH_3COO)_2{\cdot}3Cu(OH)_2{\cdot}2H_2O$)

$CuO + 2CH_3COOH + 4H_2O = Cu(CH_3COO)_2{\cdot}3Cu(OH)_2{\cdot}2H_2O$

Vörös: cinóber (HgS)

$Hg(NO_3)_2 + H_2S = HgS$ (fekete módosulat) $+ 2HNO_3$

A vörös módosulatot szublimáció, vagy átkristályosítás után nyerjük.

Ez a feladatrész 2 pontot ért. Sok más helyes megoldás is érkezett a különböző festékekre, de az esetek jelentős részében a reakcióegyenletek hiányoztak. Különösen gazdag volt Kovács Bertalan és Sarka János felsorolása.

d) Az ily módon meghatározható fém a réz. A meghatározás egyenletei:

$2Cu^{2+} + 4I^- = 2\underline{CuI} + I_2$

$I_2 + 2S_2O_3^{2-} = 2I^- + S_4O_6^{2-}$

A tioszulfát mérőoldat fogyásából számítható a minta réztartalma, amit 58,48%-nak találtunk.

2 pont

e) A festékek közül, csak az egyiptomi kék tartalmaz rezet. Ennek a festéknek a réztartalma 16,90%. Tehát az ismeretlen festék **nem** lehet az egyiptomi kék.

1 pont

f) A fekete por a réz(II)-oxid, az ismeretlen gáz a szén-dioxid. Ezek alapján kiszámíthatjuk a festék tapasztalati képletét, ami $Cu_2H_2CO_5$. Tehát a zöld por a **malachit** ($CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$).

2 pont

Hibátlan megoldást Kiss-Tóth Annamária, Prőhle Zsófia és Sarka János küldött be. A pontátlag 76,7%-os.

Varga Szilárd

HO-27.

a) A redoxi folyamat: $\mathrm{ox}_1 + \mathrm{red}_2 \rightleftharpoons \mathrm{red}_1 + \mathrm{ox}_2$. Jelölje ε_1 és ε_2 a két reagáló rendszer redoxpotenciálját:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_1{}^0 + \frac{0,059}{n_1}\lg\frac{c_1^{ox}}{c_1^{red}}; \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_2{}^0 + \frac{0,059}{n_2}\lg\frac{c_2^{ox}}{c_2^{red}};$$

és legyen $\varepsilon_1^0 > \varepsilon_2^0$! Tehát az 1. rendszer erősebb oxidálószer, a 2. rendszer erősebb redukálószer. A reakció végén beáll az egyensúly, tehát $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$. Ezt az egyenlőséget kifejtve kapjuk:

$$\varepsilon_1{}^0 + \frac{0,059}{n_1}\lg\frac{c_1^{ox}}{c_1^{red}} = \varepsilon_2{}^0 + \frac{0,059}{n_2}\lg\frac{c_2^{ox}}{c_2^{red}};$$

azaz $\varepsilon_1{}^0 - \varepsilon_2{}^0 = 0,059\lg\dfrac{(c_2^{ox})^{n_2}(c_1^{red})^{n_1}}{(c_2^{red})^{n_2}(c_1^{ox})^{n_1}}$;

tehát $\dfrac{(c_2^{ox})^{n_2}(c_1^{red})^{n_1}}{(c_2^{red})^{n_2}(c_1^{ox})^{n_1}} = 10^{\frac{\varepsilon_1{}^0 - \varepsilon_2{}^0}{0,059}}$.

Az egyenlet jobb oldalán egynél jóval nagyobb pozitív szám áll, ami azt jelenti, hogy a redoxi egyensúly a fenti redoxegyenlet jobb oldala felé van erősen eltolódva, tehát valóban a gyengébb oxidáló és gyengébb redukálószer képződése a kedvezményezett. (3 pont)

b) A sav-bázis folyamat: $\mathrm{HA} + \mathrm{B}^- \rightleftharpoons \mathrm{A}^- + \mathrm{HB}$. Egy adott oldószerben az egyes részfolyamatok: $\mathrm{HA} \rightleftharpoons \mathrm{H}^+ + \mathrm{A}^-; \mathrm{HB} \rightleftharpoons \mathrm{H}^+ + \mathrm{B}^-$. Ebben az oldószerben a két disszociációs folyamathoz tartozó egyensúlyi állandók K_A és K_B. Legyen $K_A > K_B$! Tehát a HA vegyület erősebb sav az adott oldószer-

ben, mint HB, így viszont a B^- erősebb bázis, mint A^-. A fenti sav-bázis folyamat egyensúlyi állandója a következőképpen írható fel: $K = \frac{c_{A^-} c_{HB}}{c_{HA} c_{B^-}} = \frac{K_A}{K_B}$, azaz az egyensúlyi állandó értéke egy egynél nagyobb szám. Tehát a fenti sav-bázis egyensúly szerint a gyengébb bázis A^- és a gyengébb sav HB képződése a várható. (3 pont)

c) Ott várható hidrogénkötés kialakulása, ahol az erősebb sav a protondonor. Az **A** lehetőség kizárható, mivel az alkoholos OH gyengébb sav, mint a karboxilos OH. A **B** és **C** intramolekuláris hidrogénkötések képződése viszont várható. *A c) részfeladat Dr. Majoros Béla: Elméleti szerves kémiai példatár, Tankönyvkiadó, 1983 munkájából való.* (2 pont)

d) A sav-bázis folyamat: $H_3O^+ + H_2O \rightleftharpoons H_2O + H_3O^+$, tehát itt két teljesen azonos erősségű sav és bázis egyensúlyáról van szó.

A K_a számítása:

$$K = \frac{[H_3O^+][H_2O]}{[H_3O^+][H_2O]} = 1 \rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+][H_2O]}{[H_3O^+]} = [H_2O],$$

azaz a K_a=55,4, pK_a= –1,74. Az érték a hőmérséklet növekedésével növekszik (abszolút értéke csökken), mivel a víz tágul, tehát koncentrációja csökken, valamint – bár sokkal kisebb mértékben – a kedvezőbbé váló víz-disszociáció is ebbe az irányba befolyásolja a pK_a értéket. (2 pont)

A feladattal 12-en foglalkoztak. Hibátlan megoldás nem született. A levezetéseket Kovács Bertalan adta meg helyesen. Sokan levezetések helyett hosszú diszkussziókba bocsátkoztak, hogy mit is jelent a kérdés, egyenletek nélkül azonban pontot nem kaphattak. A K_a definiciója megköveteli, hogy a vízkoncentrációval megszorozzuk az egyensúlyi állandót (a K-t), emiatt lesz 1-től különböző értékű és hőmérséklettől függő mennyiség. Az átlagpontszám 2,5 lett.

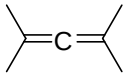
Stirling András és Rokob Tibor András

HO-28.

I

neopentán

II

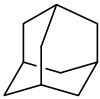


2,4-dimetilpenta-2,3-dién

III

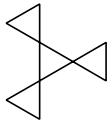
[1.1.1]biciklopentán

IV

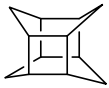


adamantán

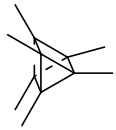
V



VI



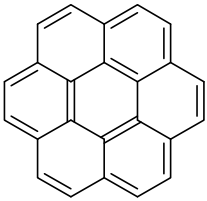
ha, csak egy mono izomer létezik, akkor



hexametilprizmán

VII

VIII

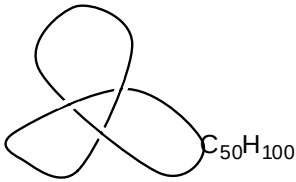


koronén

IX

bisz-ciklopentakozán
(katenán)

X



ciklopentakontán
(molekuláris csomó)

Minden vegyület 1 pontot ért. Hibátlan megoldás nem érkezett, a legjobb megoldásokat Kiss-Tóth Annamária és Sarka János küldte be. A pontátlag 43,7%.

Varga Szilárd