



Magyar Kémikusok
Egyesülete

XLIV. Irinyi János
Középiskolai Kémiaverseny
2012 május 12*



III. forduló – II.a, II.b és II.c kategória

Munkaidő: 180 perc

Összpontszám: 150 pont

A használandó moláris atomtömegek a feladatok végén találhatóak.
Az elméleti feladatokat a feladatlapon oldjátok meg, és a feladatlapokat is adjátok be.
Segédeszközként csak számológép használható.

Megoldókulcs és pontozási útmutató

I. Általános kémia és anyagszerkezet

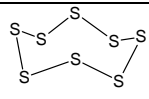

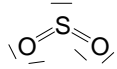
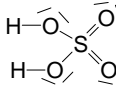
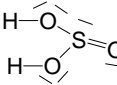
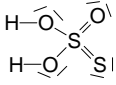
(1) Egészítsd ki az alábbi táblázatot (minden jó válasz 0,5 pont)!

	Elemi kén	Kén-hidrogén	Kén-dioxid	Kénsav	Kénessav	Tiokénsav
Molekula szerkezeti képlete						
σ -kötések, π -kötések, nemkötő elektronpárok száma a molekulában						
Halmazállapota (25 °C-on), színe vagy szaga						
Reakciója vízzel	–					
	–	reakció egymással:		reakciója rézzel	reakciója jódos vízzel	–
Redoxi reakcióban miként viselkedhet						

Összesen: 25 pont

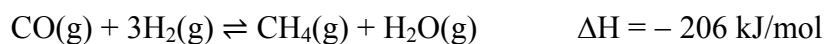
*Feladatkészítők: Dörnyei Ágnes, Forgács József, Lente Gábor, Márkus Teréz, Nagy Mária, Ósz Katalin, Pálinkó István, Petz Andrea, Sipos Pál
Szerkesztő: Pálinkó István

Megoldás

	Elemi kén	Kén-hidrogén	Kén-dioxid	Kénsav	Kénessav	Tiokénsav
Molekula szerkezeti képlete						
σ -kötések, π -kötések, nemkötő elektronpárok száma a molekulában	8 0 16	2 0 2	2 2 5	6 2 8	5 1 7	6 2 8
Halmaz állapota (25 °C-on), színe, szaga	szilárd, sárga	gáz, színtelen, záptojás szagú	gáz, színtelen, szúrós szagú	folyadék, színtelen	folyadék, színtelen	folyadék, színtelen
Reakciója vízzel	–	$\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{HS}^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{HSO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{HSO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{HS}_2\text{O}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$
	–	reakció egymással: $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$		reakciója rézzel $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	reakciója jódos vízzel $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4$	–
Redoxi reakcióban miként viselkedhet	amfoter	redukálószer	amfoter	oxidálószer	amfoter	amfoter

Összesen: 25 pont

(2) Döntsd el, hogy a következő egyensúlyi reakcióra vonatkozó állítások **igazak (I)** vagy **hamisak (H)** (minden jó válasz 1 pont)!



A folyamat egyensúlyi állandója 298 K-en $K = 4,9 \times 10^{27} \text{ dm}^3/\text{mol}$

- Az egyensúly az átalakulás irányába tolható el, ha csökkentjük a nyomást a reakciótér növelésével.
- Szobahőmérsékleten az egyensúlyi elegyben gyakorlatilag csak metán és vízgőz található.
- Ha a reakciótérben növeljük a hidrogén koncentrációját, akkor nő a keletkezett termékek egyensúlyi koncentrációja.
- Magasabb hőmérsékleten (1200 K) a folyamat egyensúlyi állandója csökken.

- A folyamat egyensúlya a hőmérséklet csökkenésével az átalakulás irányába tolható el.
- Katalizátort használva a reakcióhő csökken.
- Katalizátorral nem befolyásolható a metán keletkezésének reakciósebessége.
- Hőmérséklet növelésével nő a metán keletkezésének sebessége.
- Nyomás növelésével – a reakciótér térfogatának csökkenésével – nő az metán keletkezésének sebessége.

Összesen: 9 pont

Megoldás

- H** Az egyensúly az átalakulás irányába tolható el, ha csökkentjük a nyomást a reakciótér növelésével.
- I** Szobahőmérsékleten az egyensúlyi elegyben gyakorlatilag csak metán és vízgőz található.
- I** Ha a reakciótérben növeljük a hidrogén koncentrációját, akkor nő a keletkezett termékek egyensúlyi koncentrációja.
- I** Magasabb hőmérsékleten (1200 K) a folyamat egyensúlyi állandója csökken.
- I** A folyamat egyensúlya a hőmérséklet csökkenésével az átalakulás irányába tolható el.
- H** Katalizátort használva a reakcióhő csökken.
- H** Katalizátorral nem befolyásolható a metán keletkezésének reakciósebessége.
- I** Hőmérséklet növelésével nő a metán keletkezésének sebessége.
- I** Nyomás növelésével – a reakciótér térfogatának csökkenésével – nő az metán keletkezésének sebessége.

Összesen: 9 pont

II. Szerves kémia

(1) Írd fel szerkezeti képletét, összegképletét és add meg nevét az alább jellemzett **8 szénatomos** molekuláknak!

(a) mindenféle rendűségű szénatomot tartalmazó alkán

(b) alkán, amely elnevezés szempontjából butánszármazék

(c) alkén, benne 2 kiralitáscentrum van

(d) polimerizációra képes aromás szénhidrogén

- (e) harmadrendű amin
- (f) szimmetrikus éter
- (g) mindenféle rendűségű, 3 értékű telített alkohol
- (h) normál szénláncú primer alkoholból és ennek oxidációjával nyert karbonsavból származtatott észter
- (i) izooktán, amelynek az oktánszám-meghatározásban kiemelt szerepe van.
Összesen: 18 pont

Megoldás

Írd fel szerkezeti képletét és add meg nevét az alább jellemzett **8 szénatomos** molekuláknak!

- (a) mindenféle rendűségű szénatomot tartalmazó alkán: pl. 2,2,3-trimetilpentán



- (b) alkán, amely elnevezés szempontjából butánszármazék: 2,2,3,3-tetrametilbután
- (c) alkén, benne 2 kiralitáscentrum van: 3,4-dimetilhex-1-én
- (d) polimerizációra képes aromás szénhidrogén: vinil-benzol/sztirol
- (e) egyértékű, harmadrendű amin: pl. hexil-dimetilamin
- (f) szimmetrikus éter: pl. dibutil-éter
- (g) mindenféle rendűségű, háromértékű telített alkohol: pl. 3-metilheptán-1,2,3-triol
- (h) normál szénláncú primer alkoholból és ennek oxidációjával nyert karbonsavból származtatott észter: butil-butanoát
- (i) izooktán, amelynek az oktánszám-meghatározásban kiemelt szerepe van: 2,2,4-trimetilpentán

Bármilyen helyes szerkezeti képlet elfogadható; minden szerkezeti képlet és név 1-1 pont

Összesen: 18 pont

(2) Rendezd párba a következő kifejezéseket! Minden szám mellé **egy** betű rendelhető!

- | | |
|-------------|----------------------|
| 1. glicerin | A. $C_5H_5N_5O$ |
| 2. glicin | B. ezüstitűkőr próba |
| 3. glikol | C. higroszkópos |
| 4. glükóz | D. ikerionos |
| 5. guanin | E. kétértékű |

1. 2. 3. 4. 5.

Összesen: 5 pont

Megoldás

1. C 2. D 3. E 4. B 5. A

Helyes válaszonként 1 pont. Minden szám mellé csak egy megoldás adható. Több válasz esetén csak az első betű értékelendő.

Összesen: 5 pont

(3) Mi a szerkezeti képlete annak a C_6H_{10} összegképletű szénhidrogénnek, amelyet 1 mol brómmal reagáltatva, és a keletkezett vegyületet ózonnal oxidálva bróm-acetont kapunk? Milyen vegyület keletkezik a brómozás során? A feladat megoldásakor add meg a vegyületek nevét vagy szerkezeti képletét, és írd fel a bróm-aceton szerkezeti képletét is. Add meg a brómozás reakcióegyenletét.

Összesen: 9 pont

Megoldás

Mivel az oxidálás után bróm-aceton keletkezik, a vegyületben nem lehet hármass kötés, és nem lehet ciklusos sem.

2 pont

A vegyület delokalizált dién volt, így a kettőskötés átrendeződött brómozáskor (1,4 addíció).

4 pont

A vegyület: 2,3-dimetil-but-1,3-dién volt.

1 pont

A brómozáskor: 1,4-dibróm-2,3-dimetil-but-2-én keletkezett.

1 pont

A bróm-aceton képletért.

1 pont

Összesen: 9 pont

(4) Az aromás vegyületek feltűnően nagy stabilitással rendelkeznek. Például a benzol stabilizációs energiája ~ 150 kJ/mol. Javasoljon és részletesen mutasson be egy kísérleti módszert a stabilizációs energia meghatározására.

9 pont

Megoldás

Legyen a reakció a benzol és a hipotetikus, nem rezonanciastabilizált 1,3,5-ciklohexatrién ciklohexáná történő hidrogénezése.

4 pont

Modell: a ciklohexén hidrogénezése – a hidrogénezéskor felszabaduló reakcióhő megmérhető.

2 pont

Feltételezés: az 1,3,5-ciklohexatrién hidrogénezéskor úgy tekinthető, mintha három ciklohexént molekulát hidrogéneznénk

2 pont

A benzolt hidrogénezési hője megmérhető, a két reakcióhő közötti különbség adja a stabilizációs energiát.

1 pont

Összesen: 9 pont

III. Számítási feladatok

(1) Adott az $x\text{A} + y\text{B} = z\text{C}$ gázreakció. Állandó hőmérsékleten, a reakció során a következő adatokat mérték:

[A] (mol/dm ³)	[B] (mol/dm ³)	v (mol/dm ³ /s)
1	0,5	0,08
0,5	0,5	0,02
1,0	1,0	0,16

- Állapítsd meg az x és y értékét!
- Írd fel az általános reakciót és a reakciósebesség képletét!
- Írj egy konkrét példát a gázreakcióra!

Összesen: 12 pont

Megoldás

a) A reakciósebesség $v = k[\text{A}]^x[\text{B}]^y$ 2 pont

Két állapotra felírva a reakciósebességet, majd elosztva egymással.

$$0,08 = k1^x0,5^y, \text{ illetve } 0,02 = k0,5^x0,5^y.$$

Ezekből: $4 = (1/0,5)^x$, ebből $x = 2$ 4 pont

$$0,16 = k1^x1^y, \text{ illetve } 0,08 = k1^x0,5^y.$$

Ezekből: $2 = (1/0,5)^y$, ebből $y = 1$. 2 pont

b) $2\text{A} + \text{B} = \text{C}$, $v = k[\text{A}]^2[\text{B}]$ 2 pont

c) pl. $2\text{NO} + \text{Cl}_2 = 2\text{NOCl}$ vagy $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$. 2 pont

Összesen: 12 pont

(2) A hidrogén természetes izotóp összetétele alapján minden 6240-dik hidrogénizotóp deutérium atom. Tiszta vízben (ha elhanyagoljuk a 2-nél nagyobb tömegszámú hidrogén- és a 16-nál nagyobb tömegszámú oxigénizotópokat valamint a víz öndisszociációját) H_2O , HDO és D_2O molekulákat találhatunk. Tudjuk, hogy a hidrogén és a deutérium atomok közötti kémiai különbség elhanyagolható (vagyis egymástól nem megkülönböztethetőek). Ennek alapján számítsa ki a H_2O , HDO és D_2O moláris koncentrációját 25 °C-os tiszta vízben! ($N_A = 6,024 \cdot 10^{23}$; a víz relatív molekulatömege 18,015, sűrűsége 0,99701 kg/dm³).

17 pont

Megoldás

Az izotópok kémiai megkülönböztethetlensége miatt annak valószínűsége, hogy egy oxigénatomhoz egy H és egy D-atom kapcsolódik, 6240-szer kisebb, mint annak a valószínűsége, hogy két H. 4 pont

Annak valószínűsége pedig, hogy egy oxigénatomhoz két D-atom kapcsolódik, 6240-szer kisebb, mint annak a valószínűsége, hogy egy H és egy D. 4 pont

1 dm³ vízben 55,343 mol víz van. 2 pont

A koncentrációk aránya tehát $[\text{H}_2\text{O}]:[\text{HDO}]:[\text{D}_2\text{O}] = 1 : 1/6240 : 1/6240^2$. 4 pont

55,343 mol víz 6239/6240-ed része, vagyis 55,334 M H_2O . 1 pont

A fennmaradó rész 6239/6240-ed része, vagyis $8,868 \cdot 10^{-3}$ M HDO, 1 pont

és az utóbbinak 1/6240-ed része, vagyis $1,422 \cdot 10^{-6}$ M D_2O . 1 pont

Összesen: 17 pont

- (3) A 25 °C-on telített meszes víz oldat 100 cm³-e 170 mg oldott Ca(OH)₂-t tartalmaz.
- (a) Számítsd ki a 25 °C-on a Ca(OH)₂ oldhatósági szorzatát ($L = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^-]^2$)!
- (b) Számítsd ki a 25 °C-on telített meszes víz pH-ját ($\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$)!
- (c) NaOH adagolásával meddig növelhetjük egy 1 mol/dm³ koncentrációjú CaCl₂ oldat pH-ját, ha azt akarjuk elérni, hogy még éppen ne váljon le az oldatból Ca(OH)₂ csapadék?!

A számításnál vedd figyelembe, hogy oldódáskor a Ca(OH)₂ teljes mértékben disszociál Ca²⁺ és OH⁻ ionokra. $\text{pK}_w = 14,00$, $M_r(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 74,094$

Összesen: 13 pont

Megoldás

- (a) 1000 cm³ telített oldatban 1700 mg, vagyis $2,294 \cdot 10^{-2}$ mol oldott Ca(OH)₂ található.

2 pont

Minden Ca(OH)₂ molekula oldásakor 1 Ca²⁺ ion és 2 OH⁻ ion képződik, tehát $[\text{Ca}^{2+}] = 2,294 \cdot 10^{-2}$ $[\text{OH}^-] = 4,589 \cdot 10^{-2}$ mol/dm³,
és $L = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^-]^2$, vagyis $4,831 \cdot 10^{-5}$.

2 pont

1 pont

- (b) $[\text{OH}^-] = 4,589 \cdot 10^{-2}$ mol/dm³, azaz $\text{pOH} = 1,339$, vagyis $\text{pH} = 12,661$

1+1 pont

- (c) A $c = 1$ mol/dm³ koncentrációjú CaCl₂ oldatban a maximális hidroxidion koncentráció $[\text{OH}^-]_{\text{max}} = L/c$, amiből $\text{pOH}_{\text{max}} = 2,158$ és $\text{pH}_{\text{max}} = 11,842$

4+1+1 pont

Összesen: 13 pont

(4) Az 1990-es években az olajszőkítés az egyik legjobban jövedelmező illegális "üzletág" volt Magyarországon. A háztartási tüzelőolaj és az üzemanyagként árusított gázolaj teljesen azonos összetételű volt; így korábban sokan a lényegesen olcsóbb tüzelőolajat „tankolták” járműveikbe, a gázolaj helyett. 1990-ben egy kormányrendelet előírta, hogy a tüzelőolajat egy bizonyos adalékanyaggal vörös színűre kell festeni. Az olajszőkítés során többek között kénsavat adtak a vörös színű tüzelőolajhoz és az olaj visszanyerte eredeti színét, mert a festék elbomlott. A „szőkített” olajat színe alapján már nem lehetett megkülönböztetni a gázolajtól, ezért üzemanyagként is el tudták adni jóval magasabb áron.

(a) A festékként használt szendvicsmolekula két azonos, egyértékű szerves aniont (A⁻) és egy kétértékű fémiont tartalmaz (M²⁺). A tömegszázalékos összetétele a következő: szén 64,6 tömeg%, hidrogén 5,4%, fémion 30,0 tömeg%. Mi a festék összegképlete?

(b) Írd fel azoknak a molekuláknak a lehetséges szerkezeti képletét, amelyek a szerves anionból protonálódással képződő molekulával (HA) azonos összegképlettel rendelkeznek!

Összesen: 18 pont

Megoldás

- (a) 100 g festékből kiindulva a széntartalom $m_C = 64,6$ g, azaz $n_C = 5,38$ mol,

2 pont

a hidrogéntartalom $m_H = 5,4$ g, ami szintén $n_H = 5,38$ molnak felel meg.

2 pont

A szerves anion ezek alapján a $(\text{C}_x\text{H}_x)^-$ képlettel írható fel, míg a festék $(\text{C}_x\text{H}_x)_2\text{M}$, vagy $\text{C}_{2x}\text{H}_{2x}\text{M}$.

2 pont

100 g festékben $m_M = 30,0$ g fémion van, ami n_M mólnak felel meg. A molarányokat felhasználva ($n_H/n_M = 2x/1$, $n_M = n_H/(2x) = 5,38/(2x)$ mol = $2,69/x$ mol) a fém relatív atomtömege az alábbi képlettel adható meg: $A_r = (30,0 \text{ g}) / (n_M \text{ mol}) = 11,16x$ g/mol.

2 pont

Az $x=1,2,3\dots 10$ értékeket végig próbálva csak az $x=5$ -re kapunk olyan relatív atomtömeget ($A_r=55,8$ g/mol), amely egy olyan fém rendelhető, mégpedig a vas, melyből M^{2+} ion, azaz Fe^{2+} képződhet.

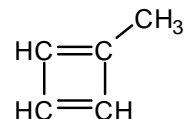
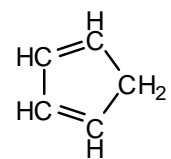
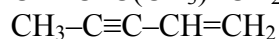
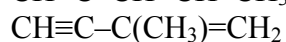
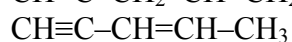
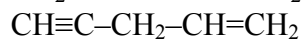
2 pont

A festék összegképlete $(C_5H_5)_2Fe$, vagy $C_{10}H_{10}Fe$.

1 pont

(b) Az anion protonálódásával kapott molekula összegképlete C_5H_6 .

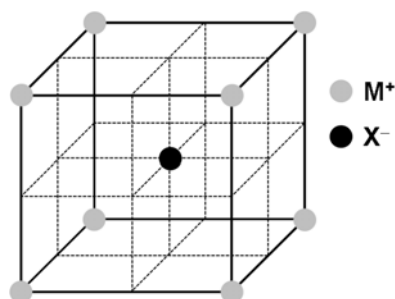
Lehetséges szerkezeti képletek:



7 pont

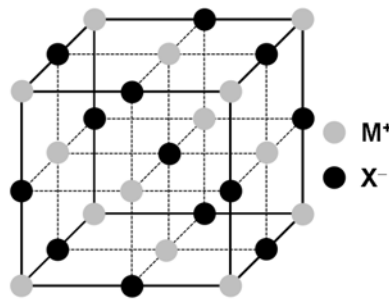
Összesen: 18 pont

(5) A CsBr és a CsCl azonos rács típusban kristályosodik. Ennek elemi cellája olyan kocka, amelynek csúcsain kationok vannak, középpontjában pedig az anion. A KCl és a KBr más típusú rácsot alkot. Az elemi cellája itt is kocka: a kationok a csúcsokon és a lapok középpontjában, az anionok az élek középpontjában és a kocka közepén helyezkednek el. A moláris tömegek: Cl: 35,5 g/mol, K: 39,1 g/mol, Br: 79,9 g/mol, Cs: 132,9 g/mol. A KCl sűrűsége $1,98$ g/cm³, a KBr-é $2,75$ g/cm³, a CsCl-é $3,99$ g/cm³. Az eddig megadott információk alapján becsüljük meg a CsBr sűrűségét!



A CsCl és CsBr elemi cellája

(Az ábrákban a körök csak az egyes ionok atommagjainak helyét jelölik, a méretüket nem.)



A KCl és KBr elemi cellája

15 pont

Megoldás

A feladat megoldásához feltételezzük, hogy az ionok sugara nem függ attól, hogy milyen ionkristályban vannak.

A CsCl és CsBr rácsszerkezetében a két legközelebbi ion távolsága az elemi cella testátlójának a fele.

1 pont

Egységnyi élhosszú kocka testátlójának hossza $\sqrt{3}$. Jelölje a két legközelebbi ion távolságát d_{MX} . Ebből következően az elemi cella élhossza $2\sqrt{3}d_{MX}/3$. 1 pont

Egy elemi cellában 1 anion (középen, semelyik másik elemi cellával nem közös) és 1 kation van (8 db csúcson, mindegyik 8 elemi cella része egyszerre). 1 pont

Így a kristály sűrűsége (M moláris tömeg és N_A Avogadro-állandó):

$$\rho_{MX} = \frac{M_{MX}}{(2\sqrt{3}d_{MX}/3)^3 N_A} \quad 1 \text{ pont}$$

Ebből átrendezéssel az iontávolság:

$$d_{MX} = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt[3]{\frac{M_{MX}}{\rho_{MX} N_A}} \quad 1 \text{ pont}$$

A KCl és KBr kristályszerkezetében a két legközelebbi ion távolsága a kocka élhosszának fele. 1 pont

A két legközelebbi ion távolságát ismét d_{MX} -szel jelölve az elemi cella élhossza $2d_{MX}$. 1 pont

Egy elemi cellában 4 anion (1 középen, semelyik másik elemi cellával nem közös; 12 az élközepeken, mindegyik 4 elemi cella része egyszerre) és 4 kation van (8 db csúcson, mindegyik 8 elemi cella része egyszerre; 6 db lapközepén, mindegyik 2 elemi cella része egyszerre). 1 pont

Így a kristály sűrűsége:

$$\rho_{MX} = \frac{4M_{MX}}{(2d_{MX})^3 N_A} \quad 1 \text{ pont}$$

Ebből átrendezéssel az iontávolság:

$$d_{MX} = \sqrt[3]{\frac{M_{MX}}{2\rho_{MX} N_A}} \quad 1 \text{ pont}$$

A KCl moláris tömege 74,6 g/mol, sűrűsége 1,98 g/cm³, így az iontávolság 315 pm. 1 pont

A KBr moláris tömege 119,0 g/mol, sűrűsége 2,75 g/cm³, így az iontávolság 330 pm. 1 pont

Ebből az következik, hogy a bromidion sugara 15 pm-rel nagyobb a kloridionénál.

A CsCl moláris tömege 168,4 g/mol, sűrűsége 3,99 g/cm³, így az iontávolság 357 pm. 1 pont

Az előző számolás szerint a bromidion sugara 15 pm-rel nagyobb a kloridionénál, így a CsBr-ban az ionok távolságának 357 + 15 = 372 pm-nek kell lennie. 1 pont

A CsBr sűrűsége ebből következően:

$$\rho_{CsBr} = \frac{M_{CsBr}}{(2\sqrt{3}d_{CsBr}/3)^3 N_A} = 4,46 \text{ g/cm}^3 \quad 1 \text{ pont}$$

(Megjegyzés: a kísérletileg mért sűrűségérték 4,44 g/cm³. Minden szerkezetben a kationok kisebbek, ezért esetleg az anionok összeérését lehet még tesztelni. A KBr és KCl éppen azért nem kristályosodik a CsCl-hoz hasonló kristályrácsban, mert az anionok túl nagy mérete ezt nem teszi lehetővé jó térkitöltéssel.)

Összesen: 15 pont