

I. kategória
Döntő



XI. Oláh György

Országos Középiskolai Kémiaverseny

I. kategória feladatainak megoldása

A feladatsorokat lektorálta:

Borszák István Mihály

Együttműködő partnerek:



Támogatók:



Nemzeti Tehetség
Program



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM

NTP-TMV-24-0109



NEMZETI KULTURÁLIS
TÁMOGATÁSKEZELŐ



GEDEON RICHTER LTD.



Döntő (02.28.-03.01.)

E-mail cím: olahverseny@gmail.com

honlap: olahverseny.szasz.bme.hu

I. kategória
Döntő



XI. Oláh György

Országos Középiskolai

Kémiaverseny

A feladatokat írta:

Balázs Bálint

Pócsik Bálint

Dúzs Zsuzsanna

Fehér Anna

Fenyvesi Bence

Maróti Lelle

Nagy Orsolya

Márton Ágnes

Nagy Dóra

Köszönjük munkájukat!

Döntő (02.28.-03.01.)

E-mail cím: olahverseny@gmail.com

honlap: olahverseny.szasz.bme.hu

I. kategória

Döntő



XI. Oláh György

Országos Középiskolai

Kémiaverseny

1) Többszörös választás (10p)

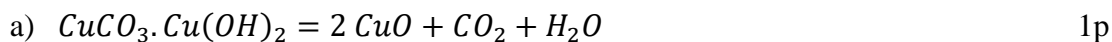
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	A	A	B	D	A	D	A	B	B
E	B	B	E		B		B	D	D
	D				D		C		
	E				E		D		
							E		

Döntő (02.28.-03.01.)

E-mail cím: olahverseny@gmail.com

honlap: olahverseny.szasz.bme.hu

2) Számolási feladat (16p)



b) 2p

Igen.

Az egyenlet alapján az elméleti tömegcsökkenés (malachit marad vissza):

$$\Delta m_{elm} = \frac{M_{CO_2} + M_{víz}}{M_{malachit}} = \frac{M_{CO_2} + M_{víz}}{M_{malachit}} = \frac{44 \frac{g}{mol} + 18,02 \frac{g}{mol}}{221,11 \frac{g}{mol}} = 28,05\% \approx 28\% \quad 1p$$

A bomlás hőfoktartománya megegyezik az irodalmi adattal. ((1) forrás: 380°C) 1p

c) 5p

A malachit anyagmennyisége, a 4. lépés tömegcsökkenéséből (szén-dioxid és víz távozik el, a reakció szerint fejezzük ki a malachit anyagmennyiségét) kifejezve:

$$n_{malachit} = \frac{\Delta m_4}{M_{H_2O} + M_{CO_2}} = \frac{3,889 - 3,440 g}{44 \frac{g}{mol} + 18,02 \frac{g}{mol}} = 0,007240 mol \quad 3p$$

A malachit tömege tehát:

$$m_{malachit} = M_{malachit} \cdot n_{malachit} = 221,11 \frac{g}{mol} \cdot 0,007240 mol = 1,601 g \quad 1p$$

A minta tömegszázalékos összetétele a malachitra nézve:

$$w_{malachit} = \frac{m_{malachit}}{m_{minta}} = \frac{1,601 g}{5,000 g} = 32,01\% \approx 32\% \quad 1p$$

d) 6p

A réz-szulfát tömege:

$$m_{CuSO_4} = m_{minta} - m_{malachit} = 5,000 g - 1,601 g = 2,288 g \quad 1p$$

A réz-szulfát anyagmennyisége:

$$n_{CuSO_4} = \frac{m_{CuSO_4}}{M_{CuSO_4}} = \frac{2,288 g}{159,6 \frac{g}{mol}} = 0,01434 mol \quad 0,5p$$

Az első 3 lépés során víz távozik el. A távozó víz tömege átszámítható anyagmennyiségbe. Az eltávozó víz anyagmennyiségét 1 mol réz-szulfátra arányosítjuk, ebből kapjuk meg a sztöchiometriai együtthatókat. A megoldásmenet táblázatos formában:

Lépés sorszáma	m [g]	Δm [g]	$n_{\text{víz}}$ [g]	vízvesztés 1 mol CuSO_4 -re [mol]
1	4,664	0,3360	0,01865	1,301
2	4,147	0,5170	0,02869	$2,001 \approx 2$
3	3,889	0,2580	0,01432	$0,9986 \approx 1$

Minden sor 1p, összesen

3p.

A (2) forrás szerint anhidrid marad vissza a 3. lépés után ($\sim 310^\circ\text{C}$). Ebből visszafelé határozhatók meg a sztöchiometriai együtthatók. (Az anhidrid a vizsgálati hőmérséklet-tartományon stabil marad.)

A malachit a (1) forrás szerint bomlik kb. 380°C -on, réz(II)-oxiddá (alacsonyabb hőmérsékleten a malachit stabil).

Lépés sorszáma	Képletek
1	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}; \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
2	$\text{CuSO}_4 \cdot 1\text{H}_2\text{O}; \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
3	$\text{CuSO}_4; \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$
4	$\text{CuSO}_4; \text{CuO}$

Kristályvizes képletek, anhidrid, oxid ($4 \cdot 0,25\text{p}$) + malachit képlete (csak a 3 együtt 0,5p),

összesen:

1,5p.

e) 2p

1 mol kristályvizes réz-szulfát kristályvíztartalma:

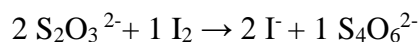
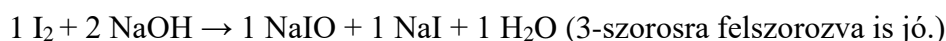
$$n_{\text{víz,ö}} = (1 + 2 + 1,3) \text{ mol} = 4,3 \text{ mol} \quad 1\text{p}$$

Tehát állás közben elvesztett víz százalékosan:

$$\Delta n_{\text{víz}} = \frac{n_{\text{víz,pentahidrát}} - n_{\text{víz,ö}}}{n_{\text{víz,pentahidrát}}} = \frac{5 \text{ mol} - 4,3 \text{ mol}}{5 \text{ mol}} = 14\% \quad 1\text{p}$$

3) Számolási feladat (19p)

a) 3 p. (egyenletenként 1 p.)



b) 13 p (aláhúzott rész-és végeredményenként 1 p)

Az acetonhoz hozzáadott jód mennyisége: $n(\text{jód}) = 25 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ mol/l} = 25 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ mmol/ml} = \underline{1,25 \text{ mmol}}$.

Ennek egy része az acetonnal, a másik része (a maradék) a tioszulfát mérőoldattal reagált el.

A tioszulfát mennyisége $n(\text{tioszulfát}) = 10,40 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ mmol/ml} \cdot 0,9815 = \underline{1,021 \text{ mmol}}$

Ez feleannyi, vagyis 0,511 mmol jódot fogyasztott a reakcióegyenlet alapján.

Az acetonnal így $1,25 - 0,511 = \underline{0,739 \text{ mmol}}$ jód reagált el.

Az 1-2 reakcióegyenlet alapján 1 acetonnal 3 jód reagált el, vagyis az aceton anyagmennyisége:

$$n(\text{aceton, titr}) = 0,739 \text{ mmol} / 3 = \underline{0,246 \text{ mmol}}$$

A 0,5 ml tömény mintában előbbi 25-szerese van:

$$n(\text{aceton}; 0,5 \text{ ml}) = \underline{6,15 \text{ mmol}}$$

Az aceton moláris tömege 58 g/mol.

$$\text{Az aceton tömege a mintán belül: } m(\text{aceton, tiszta}) = 6,15 \text{ mmol} * 58 \text{ mg/mmol} = \underline{356,7 \text{ mg}}$$

$$\text{A minta (0,5 ml) tömege: } m(\text{minta}) = 0,8228 \text{ g/ml} * 0,5 \text{ ml} = 0,4114 \text{ g} = \underline{411,4 \text{ mg}}$$

$$\text{Az aceton tömeg\%-a így az elegyben : } 356,7 \text{ mg} / 411,4 \text{ mg} = \underline{86,7 \%}$$

$$\text{A víz tömege a mintában: } 411,4 \text{ mg} - 356,7 \text{ mg} = \underline{54,7 \text{ mg}}$$

$$\text{Ennek anyagmennyisége: } 54,7 \text{ mg} / (18 \text{ mg/mmol}) = \underline{3,04 \text{ mmol}}$$

$$\text{Az összanyagmennyiség: } 6,15 \text{ mmol} + 3,04 \text{ mmol} = \underline{9,19 \text{ mmol}}$$

$$\text{Az anyagmennyiség-százalék acetontra: } 6,15 \text{ mmol} / 9,19 \text{ mmol} = \underline{66,9 \%}$$

c) 3 p. (1+2 p)

→ Azért zárja le, mert az aceton elég illékony, a szállítás során is lenne veszteségünk.

→ A kék színt az jód-jodidion rendszerben keletkező trijodid (I_3^-) ion adja, amint a keményítő szerkezetébe belép (megváltozik az e^- szerkezete, ami a színváltást okozza)

4) Számolási feladat (25p)

a) Honnan sejtette Orsi, hogy beállt az egyensúly?

A tartály nyomása beállt egy állandó értékre.

1p

b) Mekkora K_c értéke a reakció hőmérsékletén?

A felfűtés végén a hőmérséklet:

$$T_2 = T_1 + v_{fűt} \cdot t = 30 \text{ }^\circ\text{C} + 2 \frac{^\circ\text{C}}{\text{min}} \cdot 40 \text{ min} = 110^\circ\text{C}$$

1p

A kezdeti nyomás a tartályban:

$$p_1 = \frac{\Delta p}{\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)} = \frac{15000 \text{ Pa}}{\frac{110+273,15 \text{ K}}{30+273,15 \text{ K}} - 1} = 56841 \text{ Pa}$$

2p

A gázanyagmennyiség a tartályban betöltéskor (azaz a dinitrogén-tetroxid anyagmennyisége):

$$n = \frac{p_1 V}{RT_1} = \frac{56,84 \text{ kPa} \cdot 5 \text{ L}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 303,15 \text{ K}} = 0,1128 \text{ mol}$$

1p

A kiindulási dinitrogén-tetroxid koncentráció:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,1128 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0,02255 \text{ M}$$

1p

Az egyensúlyi nyomás:

$$p_{es} = 90 \text{ kPa}$$

Az összkoncentráció ebből:

$$c_{\text{ö}} = \frac{p_{es}}{RT_2} = \frac{90 \text{ kPa}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 383,15 \text{ K}} = 0,02825 \text{ M}$$

1p

A fogyás:

$$x = c_{\text{ö}} - c = 0,02825 \text{ M} - 0,02255 \text{ M} = 0,005701 \text{ M}$$

1p

Az egyensúlyi koncentrációk tehát:

$$[N_2O_4] = c - x = 0,02255 \text{ M} - 0,005701 \text{ M} = 0,01685 \text{ M}$$

1p

$$[NO_2] = 2x = 2 \cdot 0,005701 \text{ M} = 0,01140 \text{ M}$$

1p

Az egyensúlyi állandó:

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{0,01140^2}{0,01685} = 7,7 \cdot 10^{-3}$$

1p

Mekkora az egyensúlyi disszociációfok?

$$\alpha = \frac{x}{c} = \frac{0,005701 M}{0,02255 M} = 25,3\%$$

1p

c) A reakció koncentrációkkal felírt egyensúlyi állandója egy szakirodalmi forrás szerint a következő összefüggéssel számítható,

$$\ln K_c = -\frac{6000}{T} + 10,795$$

ahol T az abszolút hőmérséklet [K].

Szerinted, elfogadható mértékben egyezik-e a vizsgált reakció kísérletileg meghatározott egyensúlyi állandója az összefüggés segítségével számított egyensúlyi állandóval? Mit mondhatsz el az összefüggés és kémiai tudásod szerint a vizsgált reakció reakcióhőjéről? (4p)

A számított egyensúlyi állandó:

$$K_{c,szám} = e^{\left(-\frac{6000 K}{383,15 K} + 10,795\right)} = 0,007714$$

1p

Jó egyezést mutat.

1p

Az összefüggés alapján, ha a hőmérséklet nő, K_c nő.

1p

Tehát, a reakcióhő pozitív

0,5p

a legkisebb kényszer elve értelmében.

0,5p

d) Hány százalékkal nő a tartály nyomása, ha az egyensúlyi elegy hőmérsékletét Orsi 40°C-al megnöveli, majd megvárja, míg beáll az egyensúly az új hőmérsékleten? Nőtt vagy csökkent a disszociációfok? (9p)

Az új hőmérséklet:

$$T_3 = T_2 + \Delta T = (383,15 + 40)K = 423,25 K$$

1p

Ezen a hőmérsékleten az egyensúlyi állandó:

$$K_{c,3} = e^{\left(-\frac{6000 \text{ K}}{423,15 \text{ K}} + 10,795\right)} = 0,03390 \quad 1\text{p}$$

Ha az egyensúlyt az eredeti kiindulási koncentrációra ($c = 0,02255 \text{ M}$) írjuk fel (egyszerűbb az egyenlet):

$$K_{c,3} = \frac{(2y)^2}{c-y} \quad 1\text{p}$$

Rendezve:

$$0 = 4y^2 + K_{c,3}y - K_{c,3}c$$

Behelyettesítve és megoldva y -ra:

$$y = 0,01022 \text{ M} \quad 2\text{p}$$

Az összkoncentráció:

$$c'_0 = c + y = 0,02255 \text{ M} + 0,01022 \text{ M} = 0,03277 \text{ M} \quad 1\text{p}$$

Tehát a tartály nyomása:

$$p'_0 = c'_0 RT_3 = 0,03277 \text{ M} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 423,15 \text{ K} = 115,3 \text{ kPa} \quad 1\text{p}$$

A százalékos növekedés:

$$\Delta p = \frac{p'_0}{p_0} = \frac{115,3 \text{ kPa}}{90 \text{ kPa}} = 28,1\% \quad 1\text{p}$$

A disszociációfok nőtt. ($y > x$). 1p

5) Gondolkodtató kérdések (12p)

1. Miért nem fehérfoszfort használunk a gyufákban?

A **fehérfoszfor P₄ molekulákból áll**, amelyek szerkezetében **nagy kötési feszültség van**. (1p)

Így **nagyon reakcióképes**, a levegőn **spontán meggyulladhat**. (1p)

A **fehérfoszfor mérgező**, mert oldódik a bőr zsírtartalmában, így nagyon veszélyes. (1p)

2. Miért van az, hogy egyes fémek, például a vas, rozsdásodnak, míg mások, mint az arany vagy alumínium, nem? Az *említett fémekre* külön térj ki indoklásodban!

A vas reakcióba lép az oxigénnel és a vízzel, és **porózus vas-oxid réteg (rozsdá)** keletkezik, amely **nem védi a fém**et a porozitása miatt. (1p)

Az alumíniumnak **védő oxidrétege van**, ez meggátolja a további oxidációt. (1p)

Az arany **nem reakcióképes fémek (nagy a standardpotenciáljuk)**, ezért **nem oxidálódnak a levegőn**. (1p)

3. Miért és hogyan változik a szilárd nátrium-hidroxid tömege a levegőn hagyva? (Ha megy végbe kémiai reakció, írd fel a reakcióegyenletét!)

A nátrium-hidroxid **higroszkópos** (1p), vagyis megköti a levegő nedvességtartalmát, így **tömege megnő**. (1p)

Emellett **szén-dioxiddal is reagál (elkarbonátosodik)**, nátrium-karbonát (Na₂CO₃) képződik (1p), ami szintén növeli a tömeget.

4. Miért nem érdemes ezüst ékszert viselni gyógyvízben? (Ha megy végbe kémiai reakció, írd fel a reakcióegyenletét!)

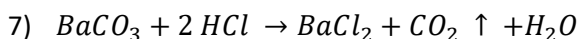
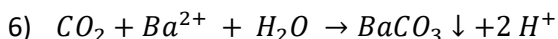
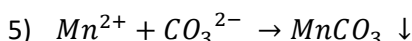
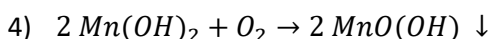
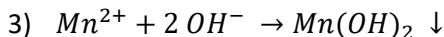
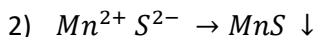
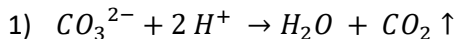
A gyógyvíz **hidrogén-szulfidot (H₂S) tartalmazhat** (1p), amely reakcióba lép az ezüsttel, és **fekete ezüst-szulfid (Ag₂S) réteget** (1p) képez.



6) Gondolatkísérlet (14p)

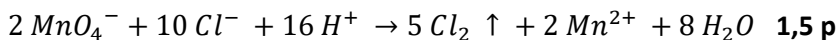
A keresett vegyület a mangán-karbonát. Összegképlete: $MnCO_3$ 1p

Egyenletek 7p

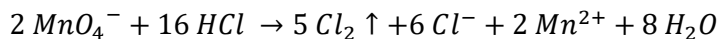


a) A kation +2-es oxidációs számú, a legnagyobb +7 lehet a permanganátokban. pl. $KMnO_4$

1,5p



Más formában:



b) Ez esetben a moláris tömegek arányát kell (elég) kiszámolni (elég, ha kiderül a számításból)

1p

$$\rho_{rel} = \frac{M_{CO_2}}{M_{Kr}} = \frac{44,0 \text{ g/mol}}{83,8 \text{ g/mol}} = 0,525 \quad 1p$$

Rövid indoklás: 1p

Kation: A reakciók alapján a Fresenius-féle 3. kationosztályban válik le, a hússzínű csapadék egyértelműsíti azt, hogy a kation a Mn^{2+} .

Anion: A savak hatására történő gázfejlődés sejteti, a Ba^{2+} -os csapadéka egyértelműsíti a CO_3^{2-} aniont.

(másként is megfogalmazható)

Pontozás: Összesen 14 p.

→ egyenletenként 1 pont (7)

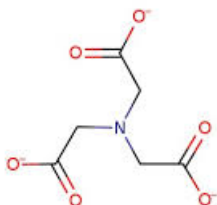
→ Indoklás+összegképlet 1-1 p. (2)

→ a) rész: a két oxidációs szám és a példa 0,5-0,5-0,5 p; a helyes reakcióegyenlet rendezéssel 1,5 p (1+0,5). (3)

→ b) rész :(fent): soronként 1 p. (2)

7) Esettanulmány (11p)

- a) f 1p
- b) d 1p
- c) $1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^1$ 2p
- d) aktív szén, sejtfa, zeolitok, opál, csontszövet, gyöngyházkagyló stb. (akármilyen jó megoldás elfogadható) 1p
- e) akármilyen logikus magyarázattal ellátott felhasználás, ami a szövegben nincs megemlítve 1p



- f) 1p
- g) +3 1p
- h) Azért, hogy a nanopórusba beférő összes anyag közül az általunk vizsgált ritkaföldfémek megkössenek benne. 1p
- i) érzékenység növelése, hordozható eszközzé való alakítás (akármilyen logikus válasz elfogadható) 1p
- j) időhatékonyabb, csökkentené a laborba szállítás miatti környezetterhelést és költségeket (szintén akármilyen logikus válasz elfogadható) 1p