



## Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny Kémia II. kategória 3. forduló

**Budapest, 2016. március 19.**

### **1. feladat** **Egy reverzibilis redoxireakció**

**3 óra tiszta munkaidő** áll rendelkezésére, hogy a feladat kísérleteit elvégezze, kiértékelje és eredményeit leírja. Az időt a feladatok között saját belátása szerint oszthatja be.

A kiadott eszközökön kívül kizárólag számológép használható. Az eszközöket újrafelhasználás esetén szükség szerinti alaposan mosogassa el! A rendelkezésre álló eszközök és anyagok listája és egy periódusos rendszer az asztalon található.

**Minden lapra írja fel a kódszámát!**

Ahol nem szükséges analitikai pontosságú bemérés, ott kis térfogatok bemérésére használhatja a cseppentők 0,25; 0,5; 0,75 és 1 cm<sup>3</sup>-es beosztásait.

Kis, illetve nagy kanál alatt a vegyszeres kanál kisebbik, ill. nagyobbik végét értjük.

A redoxireakciók a legtöbb esetben visszafordíthatatlanok. Ebben a kísérletben egy ellenpéldát vizsgálunk meg: a vas(III)- és a jodidionok között végbemenő reakciót.

A kísérletek értelmezéséhez tudnia kell, hogy a vas(III)-ion komplexeinek színe erősen függ a vashoz kapcsolódó atomok minőségétől. Nagy elektronegativitású atomok esetében (F, O) gyakorlatilag színtelenek a komplexek. Nagyobb méretű, kevésbé elektronvonzó atomok (S) koordinációjakor barnásvörös szín jelenik meg.

Az asztalán talál egy számozott, kb. 0,1 M  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ -oldatot. A kiadott eszközök segítségével készítsen belőle **pontosan** tízszeres hígítású oldatot!

*Írja le röviden, hogyan készítette!*

10 cm<sup>3</sup> pipettázva a mérőlombikba, jelig hígítva, összerázva.

*1 pont*

Talál egy 0,1 M KI-oldatot is. Ebből készítsen **kb.** 0,01 M koncentrációjú oldatot egy 50 cm<sup>3</sup>-es főzőpohárba!

Egy főzőpohárba mérjen össze 10 cm<sup>3</sup> **0,01 M**  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  és 30 cm<sup>3</sup> **0,01 M** KI-oldatot!

*Írja fel a lejátszódó reakció rendezett ionegyenletét!*

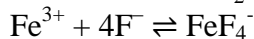
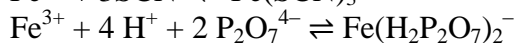


*1 pont*

A kapott oldatból öntsön egyenlő mennyiségeket 4 kémcsőbe. Az

1. maradjon összehasonlító oldat, a
- 2.-hoz adjon nátrium-difoszfát ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) -oldatot, a
- 3.-hoz KSCN-oldatot, a
- 4.-hez pár csepp KSCN-oldatot, majd NaF-oldatot. Egy-két perc után hasonlítsa őket össze!

A következő folyamatok mehetnek végbe:



A cseppentők segítségével mérje kémcsövekbe a következő összetételű elegyeket:

5	1 cm <sup>3</sup> <b>0,01 M</b> $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	3 cm <sup>3</sup> <b>0,01 M</b> KI
6	1 cm <sup>3</sup> <b>0,01 M</b> $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	3 cm <sup>3</sup> <b>0,1 M</b> KI
7	1 cm <sup>3</sup> <b>0,1 M</b> $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	3 cm <sup>3</sup> <b>0,1 M</b> KI

Értelmezze kísérleti tapasztalatait!

Kísérlet száma	Hányadik kémcsővel hasonlítja össze?	Tapasztalat	Az (1) egyensúlyi reakciót tekintve	
			Melyik reaktáns koncentrációja változott és hogyan?*	Merre tolódott az (1) egyensúly? **
2	1	lassan elszíntelenedik, legalábbis halványul	$[\text{Fe}^{3+}]$ csökken	balra jobbra
3	1	gyorsan intenzív vörös lesz	$[\text{Fe}^{3+}]$ csökken	balra jobbra
4	1	a vörös oldat lassan sárgul, halványul és végül elszíntelenedik	$[\text{Fe}^{3+}]$ csökken	balra jobbra
6	5	erősebben sárga lesz	$[\text{I}^-]$ nő	balra jobbra
7	6	a sárga oldat megbarnul	$[\text{Fe}^{3+}]$ nő	balra jobbra

\* Az összehasonlító oldathoz képest.

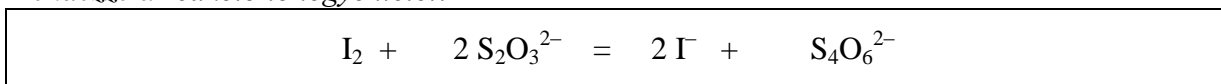
\*\* A helyes válasz bekarikázandó.

5 pont

### Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-oldat koncentrációjának meghatározása

A vas(III)-nitrát-oldat pontos koncentrációját szeretnénk meghatározni, jód és tioszulfát jól követhető reakciójának segítségével.

Rendezze a reakció ionegyenletét!



1 pont

Az Fe(III) mennyiségének pontos meghatározásához milyen irányba kell eltolni az (1) egyensúlyt?

jobbra

1 pont

A fentiek alapján válassza ki az optimális reagens(ek)et a titráláshoz!

- 1/2 kis kanál KI (kb. 0,05 g) ( $M = 166 \text{ g/mol}$ )  
 1 nagy kanál KI (kb. 1 g)  
 5 cm<sup>3</sup> KSCN-oldat  
 5 cm<sup>3</sup> nátrium-difoszfát-oldat

2 pont

Az eljárás leírása:

Kimérünk 10,00 cm<sup>3</sup> **tízszeres hígítású** mintaoldatot, meghígítjuk desztillált vízzel 40 cm<sup>3</sup>-re, hozzáadjuk a szükséges reagens(ek)et és titráljuk a számozott tioszulfát-mérőoldattal. Amikor a jód színe elhalványul, 8 -10 csepp keményítő indikátort teszünk hozzá és folytatjuk a

titrálást, míg az oldat maradandóan (kb. fél-egy perc) színtelenné válik. Szükség szerint ismételjük a titrálást.

Fogyások:

Átlagfogyás:  $V_1$

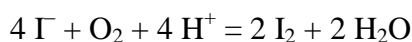
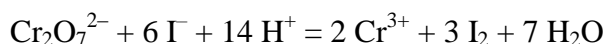
Pontosság: 15 pont

### A titrálásban használt tioszulfát-mérőoldat pontos koncentrációjának meghatározása

Kálium-dikromátból ( $K_2Cr_2O_7$ ) pontos koncentrációjú oldat készíthető. Ezt ki tudjuk használni tioszulfát-mérőoldatunk pontos koncentrációjának meghatározására. Ugyanis erősen savas közegben a dikromácionok oxidálják a jodidionokat, miközben maguk  $Cr^{3+}$ -ionokká redukálódnak.

Erősen savas közegben ugyanakkor a jodidionok levegővel érintkezve is oxidálódnak.

*Írja fel a dikromát és jodid reakciójának, illetve a jodid levegőn történő oxidációjának rendezett ionegyenletét!*



3 pont

Mérjünk  $10,00 \text{ cm}^3$  ismert koncentrációjú kálium-dikromát-oldatot csiszolt dugós Erlenmeyer-lombikba, hígítsuk  $30 \text{ cm}^3$ -re desztillált vízzel, és savanyítsuk  $20 \text{ cm}^3$  20%-os kénsavval. Apró részletekben egy nagy vegyszeres kanál  $KHCO_3$ -ot szórjunk hozzá. A pezsgés megszűnte után fél nagy kanál KI-t adunk az oldathoz, a csiszolatot bemossuk, a dugót lezárjuk és óvatosan megkeverjük. 5 perc elteltével titráljuk a tioszulfát-mérőoldattal, a 8-10 csepp keményítő indikátort csak a titrálás végén adjuk hozzá. Szükség szerint ismételjük a titrálást.

*Mi célt szolgálhat a  $KHCO_3$ ?*

A fejlődő  $CO_2$  kiűzi az oxigént az oldatból, az edény légteréből és elzárja az oldatot a levegőtől ( $CO_2$  párna).

1 pont

*Miért kell megvárni a KI adagolása és az edény lezárása előtt a pezsgés befejeződését?*

A  $CO_2$  ne vigye magával a kivált jódot; ne keletkezzen túlnyomás a lezárt lombikban.

1 pont

Húzza alá a megfelelő választ! Ha nem használunk  $\text{KHCO}_3$ -t, akkor a valóságosnál nagyobbak, kisebbek vagy ugyanakkorának találjuk...

a tioszulfát fogyást:	<u>nagyobb</u>	kisebb	ugyanakkora
a tioszulfát-koncentrációt:	nagyobb	<u>kisebb</u>	ugyanakkora
az Fe(III) koncentrációt:	nagyobb	<u>kisebb</u>	ugyanakkora

2 pont

Fogyások:

Átlagfogyás:  $V_2$ 

Pontosság: 15 pont

Számítsa ki a **számozott** tioszulfát-mérőoldat koncentrációját!

$10,00 \text{ cm}^3$   $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -oldatban  $n = 10,00 \text{ cm}^3 \cdot c$  anyagmennyiségű  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  van. Ez leválaszt  $3 \cdot 10,00 \text{ cm}^3 \cdot c$  anyagmennyiségű jódot, amit  $6 \cdot 10,00 \text{ cm}^3 \cdot c$  anyagmennyiségű tioszulfát titrál.

A tioszulfát-mérőoldat koncentrációja:

$$c = \frac{6 \cdot 10,00 \text{ cm}^3 \cdot c}{V_2}$$

3 pont

Számítsa ki a **számozott** vas(III)-nitrát-oldat koncentrációját!

$V_1$  térfogatú tioszulfát-mérőoldatban  $\frac{6 \cdot 10,00 \text{ cm}^3 \cdot c}{V_2} \cdot V_1$  anyagmennyiségű tioszulfát van.

Ez feleannyi jódot titrál, a vas(III) mennyisége pedig a jódénak kétszerese.

$10,00 \text{ cm}^3$  mintaoldatban tehát  $\frac{6 \cdot 10,00 \text{ cm}^3 \cdot c}{V_2} \cdot V_1$  anyagmennyiségű vas(III) van.

A hígítatlan oldat koncentrációja:

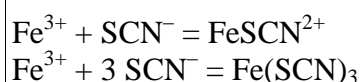
$$c = 10 \cdot \frac{6c}{V_2} \cdot V_1$$

3 pont

### Fe(III)-nyomok kimutatása

A Fe(III)- és a tiocianácionok közötti komplexképzés mind a Fe(III)-, mind a tiocianát-szennyezés (-nyomok) kimutatására alkalmas. A nyomnyi Fe(III)-t tiocianát-felesleggel mutatják ki és fordítva. A reakció két jellemző terméke 0,1 M reagenseket használva  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  és  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ .

Írja fel a termékek képződésének ionegyenleteit!



1 pont

Melyik reakció jellemzi a Fe(III)-nyomok, és melyik a SCN<sup>-</sup>-nyomok kimutatását?



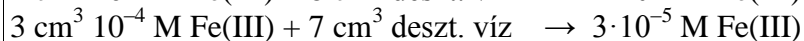
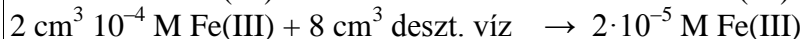
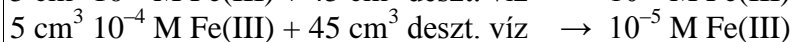
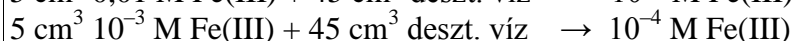
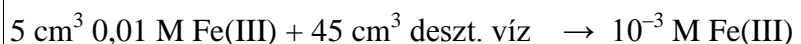
1 pont

A módszernek az a kimutatási határa, amely koncentrációnál már/még éppen látni lehet (meg lehet különböztetni) a megjelenő színt fehér alapon, a kémcsőbe felülről belenzve, összehasonlító (vak) oldattal összehasonlítva.

Keresse meg, hogy 0,1 M KSCN-oldattal **1:1 térfogatarányban** reagáltatva milyen koncentrációban lesz kimutatható a Fe<sup>3+</sup>! Hígítsa meg úgy a 0,1 M oldatot, hogy meg tudja határozni a kimutatási határt! Írja le pontosan, hogyan dolgozott!

Hígítások az Fe<sup>3+</sup> kimutatási határának meghatározásához:

10x sorozathígítás főzőpohárban, két nagyságrend között cseppentővel és mérőhengerrel. Pl.



2 cm<sup>3</sup> vizsgálandó + 2 cm<sup>3</sup> 0,1 M KSCN kémcsőben összeöntve.

10 pont

Tapasztalatok a hígított oldatokkal:

Koncentráció	Tapasztalat
10 <sup>-2</sup> M	sötétvörös
10 <sup>-3</sup> M	narancs
10 <sup>-4</sup> M	halvány
10 <sup>-5</sup> M	színtelen
2·10 <sup>-5</sup> M	nagyon halvány, még éppen látszik
3·10 <sup>-5</sup> M	halvány
10 <sup>-2</sup> M	sötétvörös
10 <sup>-3</sup> M	narancs

5 pont

Adja meg 1 értékes jegyre (pl. 0,03 M vagy  $3 \cdot 10^{-2}$  M), mi az a legkisebb koncentráció, amiben még kimutatható az  $Fe^{3+}$ !

$Fe^{3+}$  kimutatási határ : kb.  $2 \cdot 10^{-5}$  M

1 pont

Összesen:  $72 \cdot \frac{4}{9} = 32$  pont

## 2. feladat

### Ismeretlen oldatok azonosítása

Öt számozott edényben az alábbi hat oldat közül öt található. A feladat: a lehető legtöbb kémcső tartalmának azonosítása, amelyhez az öt oldaton kívül csak üres kémcsöveket használhat.

Ismeretlen oldatból pótlást pontlevonás nélkül egyszer kérhet, de további ismeretleneket csak 1 pont levonása mellett tudunk adni.

A munkára **60 perce** van.

A hat oldat:

- $0,15 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ -oldat
- $0,25 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{ZnSO}_4$ -oldat
- $0,5 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{MgSO}_4$ -oldat
- $0,1 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ -oldat
- $2 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{HCl}$ -oldat
- $2 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú  $\text{NaOH}$ -oldat.

A feladat megoldásához tudnunk kell, hogy a cinkionok az alumíniumionokhoz hasonlóan szintén komplexet képeznek egyensúlyi reakcióban a hidroxidionokkal, négyes koordinációs számmal, a magnéziumionok viszont nem tudnak hidroxokomplexet kialakítani.



**A.** Az alábbi táblázatban tüntesse fel, hogy melyik kémcső melyik oldatot tartalmazza, és milyen tapasztalat(ok) alapján jutott el a megoldáshoz!

A kémcső sorszáma	A kémcsőben lévő oldat	Milyen tapasztalat(ok) alapján azonosította?
1	MgSO <sub>4</sub>	Két másik ismeretlennel ad csapadékot, és ezek egyik esetben sem oldódnak feleslegben. (A két másik ismeretlen tehát a NaOH és a Na[Al(OH) <sub>4</sub> ] kell legyen.)
2	HCl	Csak egy esetben reagál észlelhető módon. Mivel a NaOH és a Na[Al(OH) <sub>4</sub> ] nem hiányzik, így ez csak a sósav lehet.
3	Na[Al(OH) <sub>4</sub> ]	Három esetben ad csapadékot, és ezek közül csak az egyik esetben oldódik feleslegben (tehát nem lehet a NaOH). (Vagy: a sósavval egyedül ez adhat csapadékot, ami feleslegben oldódik is.)
4	NaOH	A Na[Al(OH) <sub>4</sub> ]-tal nem ad csapadékot. (Vagy: A Mg <sup>2+</sup> -ionokkal csapadékot ad, egy másik ismeretlennel szintén csapadék keletkezik, ami viszont NaOH-feleslegben oldódik.)
5	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> vagy ZnSO <sub>4</sub>	NaOH-dal csapadékot ad, ami lúgfeleslegben oldódik. A kettő között nem tudunk dönteni.

10 pont

**B.** Ha nem volt azonosítható minden kémcső tartalma, akkor mely vegyületeket nem tudta megkülönböztetni?

Az Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>-ot és a ZnSO<sub>4</sub>-ot.

0,5 pont

Ha megállapítható volt, akkor a lehetséges hat vegyületből melyik hiányzott a kémcsövekből?

Vagy az Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> vagy a ZnSO<sub>4</sub>.

0,5 pont

- C. A hat lehetséges oldatot páronként összekeverve melyik esetben (esetekben) vár és észlel különböző tapasztalatokat, ha megváltoztatja az összekeverés sorrendjét? Ilyenkor nem ugyanaz történik az egyik oldathoz csepegtetve a másikat, mint a másik oldathoz adva az egyiket.

*Tüntesse fel a táblázatban az összes így viselkedő anyagpárt! Írja be az észlelhető változás(ok)at, és az azokat magyarázó egyenlet(ek)et! (Figyelem: nem feltétlenül annyi sort tartalmaz a táblázat, ahány megfelelő anyagpár van!)*

Anyagok	Tapasztalatok és egyenletek
A: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	A-hoz B: kevés NaOH hatására először csapadék válik le: $\text{Al}^{3+} + 3 \text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3$ majd NaOH-feleslegben oldódik: $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
B: NaOH	B-hez A: kevés $\text{Al}^{3+}$ hatására nincs látható változás (vagy a becseppentéskor megjelenő kevés csapadék összerázáskor oldódik): $\text{Al}^{3+} + 4 \text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ $\text{Al}^{3+}$ -felesleg hatására csapadék válik le: $3 [\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{Al}^{3+} = 4 \text{Al}(\text{OH})_3$
A: $\text{ZnSO}_4$	A-hoz B: kevés NaOH hatására először csapadék: $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{OH}^- = \text{Zn}(\text{OH})_2$ majd NaOH-feleslegben oldódik: $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2 \text{OH}^- = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$
B: NaOH	B-hez A: kevés $\text{Zn}^{2+}$ hatására nincs látható változás (vagy a becseppentéskor megjelenő kevés csapadék összerázáskor oldódik): $\text{Zn}^{2+} + 4 \text{OH}^- = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ $\text{Zn}^{2+}$ -felesleg hatására csapadék válik le: $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{Zn}^{2+} = 2 \text{Zn}(\text{OH})_2$
A: $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$	A-hoz B: az első egy-két csepp sósav hatására ugyan még nem látható változás, de további sósav hozzáadásakor csapadék válik le: $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}$ majd sósav fölöslegében feloldódik: $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O}$
B: HCl	B-hez A: kevés $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ hozzáadásakor nem látható változás: $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 4 \text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$ de fölösleg hatására csapadék válik le: $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O}$

A:	A-hoz B:
B:	B-hez A:
A:	A-hoz B:
B:	B-hez A:

*7 pont***Összesen: 18 pont**