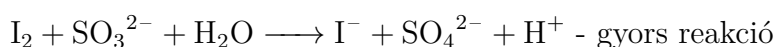
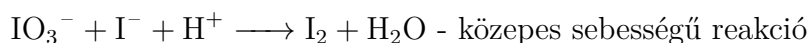
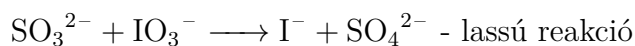




## 1. feladat

A kémiai reakciókban a kiindulási anyagok (reagensek) termékek képződése közben reagálnak. A kiindulási anyagok anyagmennyisége csökken, a termékek anyagmennyisége pedig növekszik az idő előrehaladtával. A reakciósebesség egy adott sztöchiometriájú kémiai reakció időbeli előrehaladásának pontos matematikai egyenletéből kapható meg. A reakciósebességet a kémiai reakciókinetika, a fizikai kémia egyik részterülete tárgyalja. A kémiai reakciókinetika egyenleteit többek között a vegyészmérnöki, az enzimológiai és a környezetmérnöki gyakorlatban alkalmazzák.

Az egyes reakciók nagyon eltérő sebességűek lehetnek, például a vas rozsdásodása a földi atmoszférában lassú, néhány évet is igénybe vehet, de a cellulóz égése néhány másodperc alatt lejátszódik. A reakciósebességnek több, egymás mellett folyó reakcióból álló reagáló rendszer esetén is jelentősége van. Ennek példája az ún. Landolt-féle reakció, amely a következő folyamatokból áll:



Az első reakcióban keletkező jodidion a jodát feleslegével a második egyenlet szerint reagál. Az ennek során kiváló jódot azonban nem észleljük, mert kénessav jelenlétében azonnal reagál a harmadik egyenlet szerint. A jód csak akkor jelenik meg láthatóan és maradandóan, amikor a kénessav már teljesen elfogyott.

- Rendezzék a Landolt-reakció egyenleteit!
- Mely résztvevők tekinthetők kiindulási anyagnak és melyek végterméknek?

A kapott nátrium-szulfid oldat a következőképpen készült: 2,5 g kristályvízmentes  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ -ot oldottunk fel vízben és hígítottuk fel  $1 \text{ dm}^3$ -re. A kálium-jodát oldathoz pedig 4,0 g tiszta  $\text{KIO}_3$ -ot oldottunk fel vízben, majd adtunk hozzá  $37 \text{ cm}^3$  tömény sósavoldatot és ugyancsak 1 literre hígítottuk.

- A laborban csak kristályvizes nátrium-szulfidot találtunk ( $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ ). Hogyan módosítanátok a fenti leírást úgy, hogy a végén ugyanazt a szulfidion koncentrációt kapjuk az oldatban?
- Mennyi a  $\text{KIO}_3$  oldat pH-ja, ha tudjuk, hogy a tömény sósav  $33 \text{ m/m} \%$ -os és a sűrűsége  $1,179 \text{ g/cm}^3$ ?

A rendelkezésre álló két oldatból  $6-6 \text{ cm}^3$ -t hígítsatok fel  $50-50 \text{ cm}^3$ -re. Az oldatokat és a vizet is kis mérőhengerekkel mérjétek ki. Öntsétek a hígított nátrium-szulfid oldatot egy  $250 \text{ cm}^3$ -es főzőpohárba és adjatok hozzá kb.  $0,5 \text{ cm}^3$  frissen készített keményítődoldatot. A hígított kálium-jodát oldatot hirtelen mozdulattal öntsétek be a nátrium-szulfidot és a keményítőt már tartalmazó  $250 \text{ cm}^3$ -es főzőpohárba. Az összeöntés pillanatában indítsátok el a stopperórát, majd keverjétek meg üvegbottal az elegyet.



- e) Számítsátok ki, hogy milyen koncentrációban lesz jelen a szulfition és a jodátion a 250 cm<sup>3</sup>-es főzőpohárban! Ez alapján melyik reagens fog elfogyni és melyik marad feleslegben?
- f) Mi történik a feleslegben megmaradó reagenssel? Miből vesszük észre, hogy az egyik kiindulási anyag elfogyott?
- g) A fentiek tükrében milyen módon lehet megadni a reakció sebességét (képződés vagy fogyás sebessége)? Számoljátok ki a reakciósebességet!

Ezután ismételjétek meg a kísérletet úgy, hogy az elegyítésre szolgáló pohárba öntsetek 50 cm<sup>3</sup> desztillált vizet a hígított reagensok előtt. Majd pedig úgy, hogy az 50 cm<sup>3</sup> desztillált vízhez csak 25-25 cm<sup>3</sup> hígított reagens oldatot öntsetek, végül pedig 100 cm<sup>3</sup> desztillált vízhez kerüljön 50-50 cm<sup>3</sup> a hígított reagens oldatokból. A bemért mennyiségek és a hozzájuk tartozó idő és reakciósebesség értékek könnyebb összehasonlíthatósága okán érdemes táblázatot készíteni:

$V(\text{SO}_3^{2-})$	$V(\text{IO}_3^-)$	$V(\text{H}_2\text{O})$	$c(\text{SO}_3^{2-})$	$c(\text{IO}_3^-)$	Mért idő	Reakciósebesség
50 cm <sup>3</sup>	50 cm <sup>3</sup>	0 cm <sup>3</sup>				
50 cm <sup>3</sup>	50 cm <sup>3</sup>	50 cm <sup>3</sup>				
25 cm <sup>3</sup>	25 cm <sup>3</sup>	50 cm <sup>3</sup>				
25 cm <sup>3</sup>	25 cm <sup>3</sup>	100 cm <sup>3</sup>				

Segédtablázat a reakciósebesség tanulmányozásához

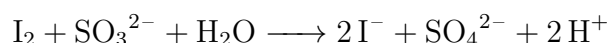
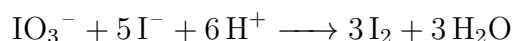
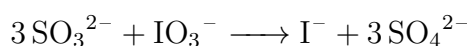
- h) Hogyan változik a reakciósebesség a koncentráció függvényében?
- i) Tervezzetek kísérletet annak megmutatására, hogy milyen kapcsolat van az egyes reagens koncentrációja és a reakciósebesség között! Legalább 3 mérési pont figyelembe vételével határozzátok meg a kapcsolatot!
- j) Tervezzetek kísérletet a pH hatásának vizsgálatára! Legalább 3 mérési pont figyelembe vételével határozzátok meg hogyan befolyásolja a reakciósebességet a pH változása!
- k) Tervezzetek kísérletet a hőmérséklet hatásának vizsgálatára! Legalább 3 mérési pont figyelembe vételével határozzátok meg hogyan befolyásolja a reakciósebességet a hőmérséklet!

A kísérletek tervezése során vegyétek figyelembe, hogy ha nagy mértékben megváltoztatjátok a kiindulási paramétereket, akkor gyorsulás esetén pillanatnyi reakciót fogtok kapni, míg lassulás esetén lehet, hogy nem lesz elég türelmetek kivárni a reakció befejeződését! Érdemes inkább 10-20 %-os lépésekben haladni!



## 1. feladat megoldása

- a) A Landolt-reakció rendezett egyenletei:



- b) A szulfition és a jodátion tekinthető kiindulási anyagnak és a szulfátion tekinthető végterméknek. A jodidion és a jód közül az egyik végtermék lesz, mégpedig annak függvényében, hogy szulfitból, vagy jodátból van több. Előbbi esetben a jodidion lesz még végtermék, utóbbiban pedig a jód.
- c) Mivel a kristályvizes nátrium-szulfit moláris tömege éppen duplája a kristályvízmentes formának, ezért ebben az esetben 5,0 g kristályvizes sót kellene bemérnünk.
- d) A  $37 \text{ cm}^3$  tömény sósav tömege 43,62 g. Tömegszázalékos összetétele alapján 14,4 g HCl található benne, azaz 0,394 mol. Mivel 1 liter a végtérfogat, ezért a koncentráció  $0,394 \text{ mol/dm}^3$  lesz, ami 0,40-es pH-t eredményez.
- e) A 2,5 g nátrium-szulfit 19,8 mmol-nak felel meg. Tehát a kezdeti oldat  $0,02 \text{ mol/dm}^3$ -es, azonban még azt nagyjából 8-szorosára hígítjuk, az összeöntéskor pedig 2-szeresére hígul, így a  $250 \text{ cm}^3$ -es főzőpohárban a koncentrációja  $1,19 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$  lesz. Hasonlóképpen számolva a kálium-jodát esetében azt kapjuk, hogy a 4,0 g 18,7 mmol-nak felel meg, tehát a hígítás utáni végső koncentrációja  $1,12 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$  lesz. Mivel az első egyenlet szerint a szulfitionból háromszoros mennyiségre van szükség, míg itt közel 1:1 arányban vannak jelen, ezért kijelenthető, hogy a szulfit fog elfogyni.
- f) A feleslegben lévő jodát reagál a jodidionnal és jód képződik. A szulfition elfogyása után rögtön képződni kezd a jód, amit az érzékeny keményítő indikátor segítségével azonnal észlelhetünk, hiszen az oldat mélykék színű lesz.
- g) Ezek alapján a stopper lenyomása azt a pillanatot jelzi, amikor a szulfitionok elfogynak a rendszerből, hiszen amíg jelen vannak, addig a gyors harmadik reakció szerint eltüntetik a jodot, így nem lesz kék az oldat. Tehát a mért idő alatt fogyott el a szulfition teljes mennyisége, így a reakciósebességet az egységnyi idő alatt elfogyott szulfition mennyiségként, vagy koncentrációjaként lehet megadni.
- h) A  $250 \text{ cm}^3$ -es főzőpohárba desztillált vizet adva, azaz a reagensek koncentrációját csökkentve egyre több idő kellett a kék szín megjelenéséig, tehát a reakciósebesség csökkent.
- i) Ha a kis lépésekben haladás elvét be akarjuk tartani, akkor úgy csökkenthető vagy növelhető a reagensek koncentrációja, hogy nem  $6 \text{ cm}^3$ -t hígítunk  $50 \text{ cm}^3$ -re, hanem 5 és  $7 \text{ cm}^3$  között egy tetszőlegesen választott mennyiséget. A helyes tapasztalat az volt, hogy a koncentráció emelése a jodát reagens esetében növeli a reakciósebességet, míg a szulfit



koncentrációjának növelése nem, vagy csak minimális mértékben növelte a reakciósebességet.

- j) A pH növelésére csökkent a reakció sebessége, míg savasabb közegben gyorsabb volt.
- k) A hőmérséklet csökkentése csökkentette a reakció sebességét, emelése pedig növelte azt.

## 2. feladat

Egy kémikus számtalanszor kerülhet olyan helyzetbe, hogy egy ismeretlen anyagot kell azonosítani. Sokszor egy tárolásra szolgáló dobozról, vagy üvegről lemosódott felirat, vagy leesett címke okozza azt, hogy nem vagyunk biztosak abban, hogy mi található a dobozban. Ezért nagyon fontos, hogy néhány gyors vizsgálati módszerrel képet alkothassunk arról, hogy mivel állunk szemben. Sokszor már az anyag színe, szaga, állaga segíthet abban, hogy biztosan állíthassuk: nem az van az üvegben, mint ami rá van írva.

Sajnos most nincs ilyen szerencséték, ugyanis számozott falkon csövekben a következő fehér porokból kaptatok mintákat:



Azonosítsátok a fehér porokat, közben jegyzőkönyv formájában írtátok le az elvégzett vizsgálatokat és az azok alapján tett következtetéseiteket! A feladathoz az asztalokon és a fülkében található reagenseket használhatjátok! Óvatosan bánjatok a kapott ismeretlenekkel, ha mégis elfogyyna valamelyik, úgy ismeretlenként 0,5 pont levonása ellenében kérhettek újabb adagot.

## 2. feladat megoldása

- Lángfestési próba segítségével könnyen elválaszthatók egymástól a nátrium- és a káliumsók.
- Sósavat cseppentve a sókra csak a karbonátoknál lesz gázfejlődés, a többi oldódni fog.
- Vízben feloldva a hidroxidok lúgos kémhatásúak lesznek (a karbonátokat már nem érdemes vízben feloldani).
- A kloridok, a nitrátok és a szulfátok vizes oldata pedig úgy választható el, hogy a szulfátok  $\text{BaCl}_2$ -oldat hatására, a kloridok pedig ezüst-nitrát hatására adnak fehér csapadékot. A nitrátok ezen reagensek mellett nem mutatnak reakciót.



### 3. feladat

A timsó név egyrészt egy konkrét vegyületet, másrészt vegyületek egy csoportját jelöli. A timsók kémiai felépítésüket tekintve kettős szulfátok, általános képletük:  $AB(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ . Az általános képletben A egy egyértékű, B pedig egy háromértékű kationt jelöl.

A timsó név jelöli a vegyületcsoport leggyakoribb tagját is, vagyis a kálium-alumínium-szulfátot ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ). A timsót legegyszerűbben kálium-szulfát és alumínium-szulfát oldat elegyítésével állíthatjuk elő. Az így keletkezett oldatból timsó kristályok válnak ki. Azonban sokszor nem áll rendelkezésünkre alumínium-szulfát. Ilyenkor kaolinitből is kiindulhatunk.

25 g kaolinitet ( $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ ) 20 cm<sup>3</sup> tömény kénsavval eldörzsöltünk egy porcelántégelyben. Az anyagot kis lángon fülke alatt homokfürdőn elkezdjük melegíteni. A hevítést lehúzott fülkeajtó mellett fokoztuk, majd addig folytattuk, míg fehér füst kezdett megjelenni. Kihűlés után az anyagot elporítottuk, majd először 150 cm<sup>3</sup> majd háromszor 50 cm<sup>3</sup> forró vízzel kioldottuk a képződött alumínium-szulfátot (az oldhatatlan  $SiO_2$  mellől). Az egyesített oldatokat leszűrtük, majd a szűrletben feloldottunk 18 g kálium-szulfátot. A timsót bepárlással kristályosítottuk ki és 79,4 g-ot kaptunk.

- Írjátok fel egyenlet formájában, hogy mi történik a kaolinnal a tömény kénsavas dörzsölés során!
- Milyen termelési százalékkal sikerült a timsót előállítani?
- Mit jelez az erős hevítésnél tapasztalható fehér füst?

#### Preparatív feladat:

Készítetek hidegen telített alumínium-szulfát és kálium-szulfát oldatokat. A hidegen telített oldat jeges fürdő segítségével 0 °C-ra hűthető és akkor mondhatjuk telítettnek, ha van benne feloldatlan só. Szűrővel válasszátok le a telített oldatokat, majd egyesítsétek őket egy kisebb méretű, üres főzőpohárban. Az alumínium-szulfát oldhatósága 0 °C-on 31 g / 100 ml víz, így elegendő szűrlet eléréséhez adjatok 3,4 g sót 11 ml desztillált vízhez. A kálium-szulfát oldhatósága 0 °C-on 11 g / 100 ml víz, így elegendő szűrlet eléréséhez adjatok 1,8 g sót 16 ml desztillált vízhez.

Tegyétek félre az elegyet jeges fürdőbe ügyelve arra, hogy mindig legyen jég a fürdőben. Hamarosan timsó kristályok kezdenek kiválni. Ha 20 perc után sincs látható kiválás, kérjétek oltókristályt a szervezőktől! A kivált kristályokat szűrjétek le üvegszűrőn, majd mossátok 5 cm<sup>3</sup> etanollal. Fél óra száradás után mérjétek le a tömegét!

- Írjátok jegyzőkönyvet, melyben szerepel a reakció egyenlete, a használt eszközök és a cselekvések leírása!
- Számoljátok ki, milyen termelési százalékkal sikerült a timsót előállítani!



### Analitikai feladat:

Az általatok előállított timsóból mérjétek be kb 1,2-1,3 g-ot és oldjátok fel 30-40 cm<sup>3</sup> desztillált vízben, majd töltsétek 100 cm<sup>3</sup>-es mérőlombikba. Jelre töltés és homogenizálás után ezen törzsoldat 10,00 cm<sup>3</sup>-es részleteit savanyítsátok meg az 5 g/dm<sup>3</sup>-es sósavoldattal úgy, hogy a pH 2-3 körül legyen (indikátorpapírral ellenőrizendő!). A reakcióelegyhez adjatok hozzá 20,00 cm<sup>3</sup> 0,03 mol/dm<sup>3</sup>-es EDTA mérőoldatot és forraljátok 3-4 percig. A még forró oldathoz fenolftalein indikátor jelenlétében annyi 2 mol/dm<sup>3</sup>-es ammónia-oldatot adjatok, hogy az oldat rózsaszínű legyen. Forraljátok további 1-2 percig az oldatot, majd hűtés után savanyítsátok vissza néhány csepp 5 g/dm<sup>3</sup>-es sósavoldattal (úgy, hogy a pH 4 és 6 között legyen). Adjatok hozzá 1,5 g szilárd hexametilén-tetramint. Egészítsétek ki az oldatot desztillált vízzel 50-60 cm<sup>3</sup>-re, majd adjatok hozzá kevés metiltimolkék indikátort és titráljátok vissza az EDTA feleslegét 0,020 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú cink-klorid mérőoldattal. A titrálás során az oldat színe sárgából kezdődő kékbe változik, azaz a színváltozás kezdetén van a végpont, nem az állandó kék szín elérésekor. Az EDTA az alumíniummal és a cinkkel is 1:1 arányú komplexet képez.

f) Milyen tisztaságú volt az általatok előállított timsó?

Amennyiben nem sikerült timsót előállítani, úgy 2 pont levonása ellenében kérhettek a szervezőktől általuk előállított timsót!

### 3. feladat megoldása

- a)  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8 + 6 \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{Al}_2\text{SO}_4 + 4 \text{SiO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$
- b) A kaolinit moláris tömege 516 g/mol, tehát 48,4 mmol kaolinitből indultunk ki. Ha az alumíniumra számolunk, akkor pedig 193,6 mmol-ból indultunk ki. A timsó moláris tömege 474 g/mol, tehát a bepárlás után 167,5 mmol timsót kaptunk. Mivel a timsóban csak 1 alumínium van, ezért a termelési százalékot így kapjuk:  $\frac{167,5}{193,6} \cdot 100 \% = 86,5 \%$ .
- c) Az erős hevítésnél keletkező füst a kén-trioxid megjelenésére utal.
- f) A kapott fogyás 17 cm<sup>3</sup> körül volt. Ez azt jelenti, hogy 0,34 mmol ZnCl<sub>2</sub> fogyott. Mivel a cink az EDTA-val 1:1 arányú komplexet képez, így 0,34 mmol EDTA maradt vissza. Mivel kezdetben 0,60 mmol EDTA-t mértünk be, ezért az alumíniummal 0,26 mmol EDTA reagált szintén 1:1 arányban. Tehát a 10 cm<sup>3</sup> oldatban 0,26 mmol alumínium volt. Így a 100 cm<sup>3</sup>-es törzsoldatban összesen 2,6 mmol timsó volt, aminek a tömege 1,23 g. A bemért tömeg alapján lehetett tisztaságot számolni.