

## Év végi/nyári nagy példamegoldó sorozat 3. rész

### Titrimetria (Oldatok térfogatós elemzése)

Igen elterjedt módszer a kémiában az oldatok koncentrációjának meghatározására. A mérés elve, hogy az ismeretlen koncentrációjú oldat ismert térfogatát ismert koncentrációjú oldattal reagáltatjuk, melynek hatóanyaga az ismeretlen oldat hatóanyagával kölcsönhatásba lép. A meghatározásnál felhasznált reakció típusa szerint most két csoporttal foglalkozunk.

- Sav-bázis titrálások (acidi-alkalimetria)
- Redoxi titrálások (oxidi-reduktometria)

A *sav-bázis titrálások* lényege minden esetben a következő ionreakció:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ , vagyis egy *közömbösítés*. A titrálás végpontját jól megválasztott indikátor jelzi. Ha pl. ecetsavat határozunk meg NaOH-mérőoldattal, akkor a reakció során nátrium-acetát keletkezik ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), mely lúgosan hidrolizál, így a titrálás végpontja (az ún. ekvivalenciapont) nem az erős sav és erős bázis reakciója során megszokott semleges kémhatásnál, hanem enyhén lúgos kémhatásnál lesz. Ilyen körülmények között fenolftalein indikátort használunk, melynek színváltása a gyengén lúgos (8-10 pH közötti) tartományban van.

A *redoxititrálások* mérőadatai között erős redukáló-, illetve oxidálószerrek vannak. Pl. a permanganometria mérőadata kálium-permanganát ( $\text{KMnO}_4$ ), mely semleges közegben mangán-dioxidig ( $\text{MnO}_2$ ), savas közegben  $\text{Mn}^{2+}$ -ionokká redukálódik, miközben oxidálja a vizsgálandó anyagot. A jodometria ún. segédmérőadata lehet pl. a nátrium-tioszulfát ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )- oldat, mely valamilyen reakcióban keletkező vagy megmaradó jódot redukálja jodidionokká, miközben a tioszulfácionok tetrationát-ionokká ( $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ ) oxidálódnak. (Ha megnézed a kén oxidációs számát a tioszulfát-ionban és a tetrationát-ionban, láthatod, hogy tényleg oxidálódott. Különleges, hogy a kénnek a tetrationát-ionban törtszám az oxidációs száma!) A végpontot vagy a mérőoldat színének megjelenése vagy eltűnése (pl. a permanganácionok lila színének megjelenése) vagy valamilyen indikátor (pl. a jodometriában a keményítő, mely kék színnel indikálja a jód jelenlétét) jelzi.

1. Milyen koncentrációjú az az oxálsavoldat, amelynek  $10,00 \text{ cm}^3$ -ét  $9,85 \text{ cm}^3$   $c = 0,105 \text{ mol/dm}^3$ -es koncentrációjú NaOH-oldat közömbösíti?

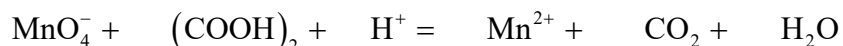
#### Segítség:

- Az oxálsav (sóskasav, etán-disav) az egyik legerősebb kétértékű szerves sav ( $\text{COOH}$ )<sub>2</sub>. Még így is csak közepesen erősnek mondhatjuk.  
Savi disszociációs egyensúlyi állandói:  $K_{S,1} = 5,9 \cdot 10^{-2}$   $K_{S,2} = 6,4 \cdot 10^{-5}$
- Itt most ez nem számít, hiszen a közömbösítés során a lúgoldat a *teljes bemért oxálsav mennyiségét* méri, nem csak a disszociált molekulákat.
- Tehát írd fel a közömbösítés egyenletét a *kétértékű savra*.
- Innentől kezdve mennie kell.

#### Megoldás:

$$c_{\text{oxálsav}} = 0,0517 \text{ mol/dm}^3$$

2. Határozzuk meg annak az oxálsavoldatnak a koncentrációját, melynek 10,00 cm<sup>3</sup>-ét 12,00 cm<sup>3</sup>  $c = 0,020 \text{ mol/dm}^3$ -es  $\text{KMnO}_4$ -oldat oxidál savas közegben, az alábbi kiegészítendő egyenlet szerint:



**Segítség:**

- Itt is oxálsav szerepel a feladatban, de itt redoxi titrálásról van szó. Rendezd tehát a hiányos egyenletet!
  - Írd fel az oxidációs számokat, írd alá az oxidációs szám változásokat és a legkisebb közös többszörösével beszorozva add meg a redoxireakcióban résztvevő anyagok együtthatóit.
  - A  $\text{H}^+$ -ionok jelzik, hogy a reakció erősen savas közegben megy végbe.
  - Rendezés után úgy is ellenőrizheted magadat, hogy a jobb-, és a baloldalon a töltések összegének meg kell egyeznie.
  - A lap alján ellenőrizd a rendezett egyenletet, csak akkor menj tovább, ha az jó.
- Ha megvannak a molarányok, akkor a fogyott  $\text{KMnO}_4$  anyagmennyiségéből következtethetsz a 10 cm<sup>3</sup> oxálsavoldatban lévő oxálsav anyagmennyiségére. Ebből számold koncentrációt!

**Megoldás:**

$$c_{\text{oxálsav}} = 0,06 \text{ mol/dm}^3$$

3. Közepes töménységű kénsavoldatból kimértünk 10,00 cm<sup>3</sup>-t, és megmértük a tömegét: az eredmény 16,55 g. A kénsavoldat 10,00 cm<sup>3</sup>-ét desztillált vízzel 200,0 cm<sup>3</sup>-re hígítottuk és ennek a törzsoldatnak 5,00 cm<sup>3</sup>-es részleteit  $c = 0,500 \text{ mol/dm}^3$ -es nátrium-hidroxid-oldattal titráltuk: az átlagfogyás 12,46 cm<sup>3</sup>.  
Hány tömegszázalékos volt az eredeti kénsavoldat?  
Milyen térfogatarányban kell az eredeti kénsavoldatot desztillált vízzel hígítani, hogy 20,00 tömegszázalékos oldatot kapjunk?

**Segítség:**

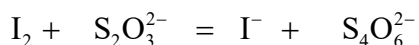
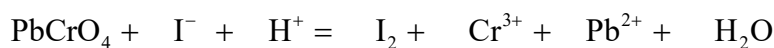
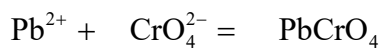
- Szerintem ezt meg tudjátok csinálni... 😊 Remélem.

**Megoldás:**

73,78 tömeg%-os az eredeti kénsavoldat.

kénsav : desztillált víz=1:4,45

4. 100,0 g tömegű 20°-os telített ólom(II)-nitrát-oldatból 1000,0 cm<sup>3</sup> törzsoldatot készítünk. Ebből 25,0 cm<sup>3</sup>-es részleteket titrálunk  $c = 0,500 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációjú nátrium-tioszulfát-oldattal úgy, hogy az ólomionokat előzőleg kromácionokkal lecsapjuk, majd – a kromátfelesleg eltávolítása után – a csapadék kromáttartalmával kálium-jodidból jódot választunk le, s ezt mérjük a tioszulfát mérőoldattal. Ahol kell egészítsd ki az egyenleteket:



Számítsd ki a 20°-on telített ólom(II)-nitrát-oldat tömeg%-os összetételét és a só oldhatóságát 100 g vízben, ha a 25,0 cm<sup>3</sup> térfogatú ismeretlenre átlagosan 16,25 cm<sup>3</sup>  $c = 0,500 \text{ mol/dm}^3$ -es Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-oldat fogyott.

#### Segítség:

- Rendezd az egyenleteket! Rendezés után nézd meg a lap alján a rendezett egyenleteket, és csak akkor menj tovább, ha az rendben van.
- Egészítsd ki a mondatokat: Ahány mol Pb<sup>2+</sup>-ion, ..... annyi mol a I<sub>2</sub>. Ahány mol a I<sub>2</sub>, ..... annyi mol a S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>-ion. Tehát 1 mol Pb<sup>2+</sup>-ionra ..... mol S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>-ion fogy.
- Számítsd ki a fogyott tioszulfát mennyiségét, és abból következtess a törzsoldat ólomion tartalmára, ami egyben az ólom(II)-nitrát tartalom is.
- Pont ennyi volt a 100 gramm telített oldatban is.

#### Megoldás:

35,86  $\frac{\text{m}}{\text{m}}\%$ -os az oldat, azaz  $55,909 \frac{\text{g}}{100 \text{ g víz}}$  az oldhatósága az ólom(II)-nitrátnak 20°-on.

5. Kristályvizét részlegesen elvesztett szóda 2,805 g-jából 250,0 cm<sup>3</sup> törzsoldatot készítettünk. Ennek 10,00 cm<sup>3</sup>-ét 12,00 cm<sup>3</sup>,  $c = 0,100 \text{ mol/dm}^3$ -es koncentrációjú sósavoldat mérte.

Mi a vizsgált szóda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · x H<sub>2</sub>O) képlete?

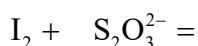
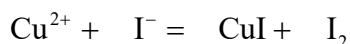
#### Segítség:

- Szerintem ezt meg tudjátok csinálni...?

### Megoldás:

4,5 mol vízzel

6.  $500 \text{ cm}^3$   $7,00 \frac{\text{m}}{\text{m}}\%$ -os  $\rho = 1,073 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  sűrűségű réz(II)-szulfát-oldatra van szükségünk. Az oldat készítéséhez egy már meglévő ismeretlen koncentrációjú réz(II)-szulfát-oldatot kívánunk felhasználni. Ennek koncentrációját a következőképpen határozzuk meg: az oldat  $20,0 \text{ cm}^3$ -es részleteihez feleslegben kálium-jodidot adunk. A folyamat során kiváló jódot  $12,74 \text{ cm}^3$   $c = 0,200 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ -es nátrium-tioszulfát-oldat titrálja az alábbi kiegészítendő egyenletek szerint.



Hány tömegszázalékos ez az oldat, ha a sűrűsége  $\rho = 1,019 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ?

Hány gramm  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  összetételű kristályt kell még feloldani benne, hogy  $500 \text{ cm}^3$   $7,00 \frac{\text{m}}{\text{m}}\%$ -os oldatot kapjunk?

### Segítség:

- Rendezd az egyenleteket! Rendezés után nézd meg a lap alján a rendezett egyenleteket, és csak akkor menj tovább, ha az rendben van.
- Egészítsd ki a mondatot! Ahány mol tioszulfáton, ..... annyi mol jód reagál a 2. egyenlet szerint, és ahány mol jód képződött az első egyenlet szerint ..... annyi mol réz(II)-ion van. Vagyis ahány mol tioszulfát, ..... annyi mol réz(II)-ion.
- Ez van  $20,00 \text{ cm}^3$  réz(II)-szulfát-oldatban, melynek a sűrűség segítségével a tömegét is tudjuk, tehát tudunk tömegszázalékot számolni.
- A második kérdés egy klasszikus keverési egyenlettel vígan megoldható.
  - Tudod hány gramm a készítendő oldat. ( $500 \text{ cm}^3$  + sűrűség) Tudod a töménységét.  $m_3$  és  $w_3$
  - Legyen a keresett mennyiség az előbb meghatározott tömegszázalékos oldatból  $x$ .  
 $m_1 = x$        $w_1 =$  előbb számoltad ki
  - Adunk hozzá kristályvizet réz(II)-szulfátot, melynek képlete alapján, - mint egy szilárd oldat – a szokásos módon meghatározzuk a tömegszázalékát.  $m_2 =$  kiszámított tömeg- $x$   $w_2$  meghatározható.

### Megoldások:

Az ismeretlen réz(II)-szulfát-oldat  $1,99$  tömeg%-os.

$43,43 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  kell beledobni  $484,3 \text{ cm}^3$   $1,99$  tömeg%-os oldatba, hogy  $500 \text{ cm}^3$   $7,00$  tömeg%-os réz(II)-szulfát-oldatot kapjunk.

7. Nátrium-hidroxid karbonátszennyeződését határozzuk meg. A lemerített  $1,9125 \text{ g}$  tömegű mintából  $250 \text{ cm}^3$  törzsoldatot készítünk. Ebből  $10,00 \text{ cm}^3$ -t  $c = 0,100 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  koncentrációjú sósavval, fenoltalein indikátor mellett titrálunk.  $8-10$  pH-ig gyakorlatilag az összes nátrium-hidroxidot

megtitráljuk, a karbonátot pedig hidrogén-karbonáttig. Ezután metilnarancs indikátort cseppentünk az oldatba (átcsapása 3,0-4,4 pH között), és tovább titrálunk az átmeneti „vöröshagymahéj” színig. A széndioxid kiforrálása után befejezzük a titrálást.

Fenolftalein mellett 15,00 cm<sup>3</sup>, metilnarancs mellett 2,50 cm<sup>3</sup> savoldat fogyott.

Számítsd ki a minta karbonátszennyeződését tömeg%-ban!

### Segítség:

- Írd fel a NaOH + HCl és a Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + HCl = NaHCO<sub>3</sub> + ... egyenleteket. Ez a két reakció fenolftalein mellett játszódik le. Ahol a fenolftalein lila színe eltűnik, (8-10-es pH), ott van vége. A NaHCO<sub>3</sub> lúgos hidrolízise miatt ez nem 7-es pH-nál van, ezért kell a fenolftalein.
- Megy tovább a titrálás, csepeg a sósav, az oldatban lévő NaHCO<sub>3</sub> is elreagál. Írd fel az egyenletet! A végpontot a metilnarancs „vöröshagymahéj” színe jelzi.
  - metilnarancs: kb. pH=4,5 felett sárga, pH=3,1-4,4 vöröshagymahéj, alatta piros.
- A 2,50 cm<sup>3</sup>-ben lévő HCl anyagmennyisége a NaHCO<sub>3</sub>-ot méri. a 15,0 cm<sup>3</sup> HCl, a NaOH-t és a Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-t együtt. A kettő különbsége méri a NaOH anyagmennyiségét.
- Ez volt 10,00 cm<sup>3</sup>-ben, mennyi volt akkor 250,0 cm<sup>3</sup>-ben. Ez volt a kimért tömegű karbonátosodott mintában.

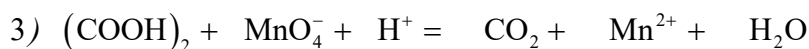
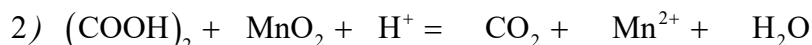
### Megoldás:

34,64 tömeg% volt a karbonátszennyezés

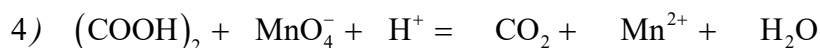
8. ♥ 10,0380 g tömegű hangyasavoldatból 100,0 cm<sup>3</sup> törzsoldatot készítünk. Ennek 10,00 cm<sup>3</sup>-ét 5 cm<sup>3</sup> telített nátrium-karbonáttal-oldattal meglúgosítjuk, majd 25,00 cm<sup>3</sup> c = 0,0200 mol/dm<sup>3</sup>-es kálium-permanganát-oldatot adunk hozzá. 10-15 perces melegítés közben a következő (kiegészítendő) reakció megy végbe.



Ezután 20 cm<sup>3</sup> c = 2 mol/dm<sup>3</sup>-es kénsavoldattal megsavanyítjuk és 25,00 cm<sup>3</sup> c = 0,0500 mol/dm<sup>3</sup>-es oxálsavoldatot mérünk hozzá. Ez a permanganátfelesleggel és az előző reakcióban képződött mangándioxiddal is reakcióba lép. Egészítsd ki az egyenleteket!



A reakció után az oxálsav felesleget 6,50 cm<sup>3</sup> c = 0,0200 mol/dm<sup>3</sup>-es kálium-permanganát-oldat titrálja.



Számítsd ki a törzsoldat koncentrációját!

Mekkora tömegű hangyasavat tartalmaz a minta?

Határozzuk meg a minta tömeg%-os összetételét!

### Segítség:

- Rendezd az egyenleteket! Rendezés után nézd meg a lap alján a rendezett egyenleteket, és csak akkor menj tovább, ha az rendben van.
- A dőlttel szedett mondatrészek a reakciókörülményekre utalnak, a számolásban lényegtelenek, ne foglalkozz vele. A lúgosítás arra jó, hogy a permanganát nem redukálódik csak mangán-dioxidig ( $\text{Mn}^{4+}$ ) míg savanyú közegben  $\text{Mn}^{2+}$ -ionig.
- Hátról indulunk. A  $6,5 \text{ cm}^3$  permanganát anyagmennyiségéből a 4) egyenlet alapján számolható a maradék oxálsav mennyisége.
- A hozzáadott oxálsav anyagmennyiségéből kivonva a maradék oxálsav anyagmennyiségét megkapjuk a fogyott oxálsav anyagmennyiségét. Ez fogyott el a 2) és a 3) reakcióban az 1) egyenlet szerint képződött  $\text{MnO}_2$ -ra és a maradék  $\text{MnO}_4^-$ -ionra. (fogyott oxálsav:  $0,000925 \text{ mol}$ )
- Az oxálsav a  $\text{MnO}_2$ -dal és a  $\text{MnO}_4^-$ -ionnal eltérő anyagmennyiség-arányban reagál, ezért a következőképpen járhatunk el:
  - Tegyük fel, hogy  $x \text{ mol}$   $\text{HCOOH}$  (hangyasav) van a törzsoldat  $10,00 \text{ cm}^3$ -ében. Az 1) egyenlet szerint ki lehet számolni ez hány  $\text{mol MnO}_4^-$ -iont fogyaszt el, és hány  $\text{mol MnO}_2$  képződik.
  - Az oxálsav anyagmennyiségére tudunk egyenletet felírni. Egyrészt kiszámítottuk, tehát megvan összesen hány  $\text{mol}$ . Másrészt anyagmennyisége meghatározható az előbb bevezetett ismeretlenek segítségével. ( $x=0,000325 \text{ mol}$  hangyasav)
- Innen már semmiség 😊!

### Megoldás:

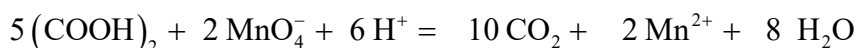
$$c_{(\text{HCOOH})} = 0,0325 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A minta hangyasav tartalma:  $0,1495 \text{ g}$

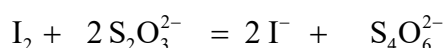
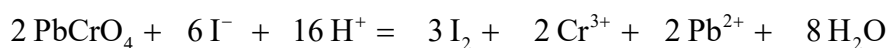
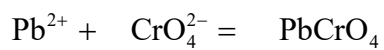
A minta összetétele:  $1,49 \text{ tömeg}\%$ -os

### Egyenletrendezések:

2. feladat



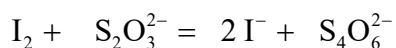
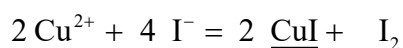
4. feladat:



A tetratiónt-ionban a kén oxidációs száma: +2,5.

6. feladat:

Az első egyenletben a  $\text{Cu}^{2+}$ -ion redukálódik  $\text{Cu}^+$ -ionná, miközben a jodidionok oxidálódnak jóddá. Mivel a  $\text{CuI}$  csapadékban is van olyan jodidion, mely a redoxireakcióban nem vesz részt, ezt plusszban oda kell írni az egyenlet bal oldalára is.



8. feladat

