

Titrimetria

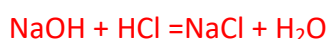
(11. fejezet)

Megoldások

Alapfeladatok

A/1 Határozzuk meg annak a sósavoldatnak a koncentrációját, melynek $12,0 \text{ cm}^3$ térfogatához $15,0 \text{ cm}^3$ $0,0500 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldat szükséges.

Írjuk fel a reakció egyenletét:



Jól látszik, hogy a sósav és a NaOH 1:1 mólarányban reagál. Titrálásos feladatokat többféleképpen is meg lehet oldani. Ebben a feladatban megmutatok kettő különböző módszert, a többiben már csak az általam kedvelt „titrálási egyenlettel” fogom megoldani a példákat. Nézzük **elsőnek anyagmennyiségekkel**:

Tudjuk, hogy a NaOH oldat a mérőoldat és ennek ismerjük az anyagmennyiség koncentrációját és térfogatát. Ebből ki tudjuk számolni a felhasznált NaOH anyagmennyiségét:

$$n = V * c = 0,015 * 0,05 = 7,50 * 10^{-4} \text{ mol}$$

A reakcióegyenlet alapján $7,50 * 10^{-4}$ mol NaOH ugyanennyi sósavat fogyaszt (mert 1:1 arány van), vagyis a semlegesítendő sósav anyagmennyisége is $7,50 * 10^{-4}$ mol. Tudjuk a sósav térfogatát is, ily módon már könnyen ki tudjuk számolni az anyagmennyiség koncentrációját:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{7,50 * 10^{-4}}{0,012} = 0,0625 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A fenti módszer teljesen az előző fejezet számolására épít, azaz a sztöchiometria alkalmazására. Akinek ez biztosabb, az nyugodtan csinálja mindegyik titrálási feladatot így, ugyanis lényegében a titrálási példák is csak sztöchiometriára épülő példák!

A **másik módszer** sem bonyolult, azonban gyorsabb, egy sorban meg lehet oldani a feladatot és szinte mindig alkalmazható titrálások esetén (megjegyzem, néha célszerűbb az első módszert alkalmazni, de ezt majd az adott feladatnál jelezni fogom).

A titrálási egyenletet a bevezetőben részletesen tárgyaltam már (*megjegyezném, hogy ilyen, hogy titrálási egyenlet nincs, ezt a fantázianevet én adtam neki!*). A reakcióegyenlet alapján a sósav és a NaOH 1:1 mólarányban reagál:

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{HCl}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}}}$$

Ha fenti egyenletbe behelyettesítjük az ismert adatokat, akkor ki tudjuk számolni a sósav koncentrációját. A térfogatokat most nem szükséges átváltani dm³-re csak akkor, ha az anyagmennyiséget is ki szeretnénk számolni (*ugyanis alul és felül is cm³ lesz, vagyis a cm³-t kiesnek, ugyanez történne a dm³-kel is, aki nem hiszi próbálja ki mind a kettővel, ugyanaz az eredmény lesz*):

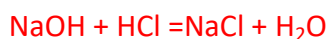
$$\frac{1}{1} = \frac{0,05 * 15}{c_{\text{HCl}} * 12}$$

$$c_{\text{HCl}} = 0,0625 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Az egyszerűbb feladatokat jelen megoldó kulcsban a második módszerrel fogom megoldani, mert gyorsabb és érdemes gyakorolni! Akinek nem szimpatikus, az nem baj, az csinálja anyagmennyiségekkel!

A/2 10,0 cm³ ismeretlen töménységű nátrium-hidroxid-oldatot titrálunk. A titráláshoz átlagosan 14,55 cm³ 0,0100 mol/dm³ töménységű sósav oldat fogy. Mi a nátrium-hidroxid-oldat anyagmennyiség koncentrációja?

Írjuk fel a reakció egyenletét:



Jól látszik, hogy a sósav és a NaOH 1:1 mólarányban reagál.

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{HCl}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}}}$$

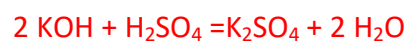
Ha fenti egyenletbe behelyettesítjük az ismert adatokat, akkor ki tudjuk számolni a NaOH koncentrációját.

$$\frac{1}{1} = \frac{c_{\text{NaOH}} * 10}{0,010 * 14,55}$$

$$c_{\text{NaOH}} = 0,0146 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A/3 10,0 cm³ ismeretlen töménységű kénsav oldatot titrálunk. A titráláshoz átlagosan 22,60 cm³ 0,08790 mol/dm³ töménységű kálium-hidroxid-oldat fogy. Mi a kénsavoldat anyagmennyiség koncentrációja?

Írjuk fel a reakció egyenletét:



Jól látszik, hogy a kénsav és a KOH 1:2 molarányban reagál.

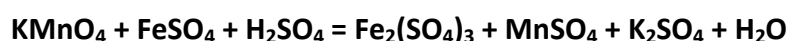
$$\frac{2}{1} = \frac{n_{\text{KOH}}}{n_{\text{kénsav}}} = \frac{c_{\text{KOH}} * V_{\text{KOH}}}{c_{\text{kénsav}} * V_{\text{kénsav}}}$$

Ha fenti egyenletbe behelyettesítjük az ismert adatokat, akkor ki tudjuk számolni a NaOH koncentrációját.

$$\frac{2}{1} = \frac{0,08790 * 22,60}{c_{\text{kénsav}} * 10}$$

$$c_{\text{kénsav}} = 0,993 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A/4 Egy oldat vas(II)-ion tartalmát szeretnénk meghatározni permanganometriás titrálás útján. A vas(II)-ionokat tartalmazó oldatból 10,0 cm³ térfogatot kimérünk egy titráló lombikban, majd a bürettát feltöltjük az előre megsavanyított 0,0500 mol/dm³ töménységű kálium-permanganát mérőoldattal. A mérőoldatból átlagosan 7,25 cm³ fogy. Milyen tömény a vas(II)-ionokat tartalmazó oldatunk? A reakció az alábbi rendezendő egyenlet szerint megy végbe:



A fenti egyenletről nagyon hamar megállapítható, hogy redoxi, így oxidációs számokkal kell rendezni. Picit ismételjük át! Nézzük meg, hogy kiknek csökken illetve nő az oxidációs szám:

A permanganátban a mangán +7-ről +2-re csökken, azaz 5 elektront felvesz, míg az vas(II)-szulfátban a vas +2-ről +3-ra nő, azaz 1 elektront lead. Válasszuk ki az egyenlet egyik oldalát. Elvileg mindegy melyiket választjuk, gyakorlatilag sokkal könnyebb úgy rendezni az egyenletet, ha azt az oldalt választjuk, amely esetén az egyik, oxidációs számát megváltoztató atomból az adott vegyületben egynél több van. Ha megnézzük az egyenletet, akkor a jobb oldalon a vas(III)-szulfátban a vasból kettő van, így válasszuk ezt az oldalt:

Tehát a Mn atom felvesz 5 elektront míg a vas lead 1 elektront, no igen, de mivel mi a jobb oldalt választottuk és ott a vasból a vas(III)-szulfát képletében 2 van, ezért igazából a vas 2*1 elektront ad le (Ha valaki a másik oldalt választja, akkor tört számú sztöchiometriai együtthatókat fog kapni, ami nem para, de illendő utána egész számokra átalakítani). Az elektron átmenet legkisebb közös többszöröse 10, tehát a mangán(II)-szulfátot 2-vel a vas(III)-szulfátot pedig öttel kell szorozni. Ezután már csak a tömegmegmaradás elvét kell alkalmazni. A Rendezett egyenlet:



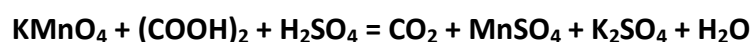
Az egyenlet alapján jól látszik, hogy a permanganát és a vas(II)-szulfát 2:10 azaz 1:5 mólarányban reagál:

$$\frac{5}{1} = \frac{n_{\text{vas(II)-szulfát}}}{n_{\text{kálium-permanganát}}} = \frac{c_{\text{vas(II)-szulfát}} * V_{\text{vas(II)-szulfát}}}{c_{\text{kálium-permanganát}} * V_{\text{kálium-permanganát}}}$$

$$\frac{5}{1} = \frac{c_{\text{vas(II)-szulfát}} * 10}{0,05 * 7,25}$$

$$c_{\text{vas(II)-szulfát}} = 0,181 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

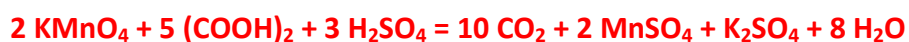
A/5 Számold ki annak az oxálsav-oldatnak a töménységét g/dm³-ben, melynek 15,0 cm³ térfogatához átlagosan 8,25 cm³ 0,0600 mol/dm³ töménységű kálium-permanganát mérőoldat szükséges. A folyamat a következő rendezendő egyenlet szerint megy végbe:



A fenti egyenletről nagyon hamar megállapítható, hogy redoxi, így oxidációs számokkal kell rendezni. Nézzük meg, hogy kiknek csökken illetve nő az oxidációs szám:

A permanganátban a mangán +7-ről +2-re csökken, azaz 5 elektront felvesz, míg az oxálsavban a szén +3-ról +4-re nő, azaz 1 elektront lead. Válasszuk ki az egyenlet egyik oldalát. Elvileg mindegy melyiket választjuk, gyakorlatilag sokkal könnyebb úgy rendezni az egyenletet, ha azt az oldalt választjuk, amely esetén az egyik, oxidációs számát megváltoztató atomból az adott vegyületben egynél több van. Ha megnézzük az egyenletet, akkor a bal oldalon az oxálsavban a szénből kettő van, így válasszuk ezt az oldalt:

Tehát a Mn atom felvesz 5 elektront míg a szén lead 1 elektront, no igen, de mivel mi a bal oldalt választottuk és ott a szénből az oxálsav képletében 2 van, ezért igazából a szén 2*1 elektront ad le. Az elektron átmenet legkisebb közös többszöröse 10, tehát a káliumpermanganátot 2-vel az oxálsavat pedig öttel kell szorozni. Ezután már csak a tömegmegmaradás elvét kell alkalmazni. A Rendezett egyenlet:



Az egyenlet alapján jól látszik, hogy a permanganát és az oxálsav 2:5 mólarányban reagál:

$$\frac{5}{2} = \frac{n_{\text{oxálsav}}}{n_{\text{kálium-permanganát}}} = \frac{c_{\text{oxálsav}} * V_{\text{oxálsav}}}{c_{\text{kálium-permanganát}} * V_{\text{kálium-permanganát}}}$$

$$\frac{5}{2} = \frac{c_{\text{oxálsav}} * 15}{0,06 * 8,25}$$

$$c_{\text{oxálsav}} = 0,0825 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A feladat azonban nem az anyagmennyiség, hanem a tömegkoncentrációt kérte. Ne essen senki pánikba, hogy feleslegesen számoltunk, ugyanis az anyagmennyiség koncentrációt az oldott anyag moláris tömegének az ismeretében nagyon könnyen át lehet váltani tömegkoncentrációba:

$$\rho_{\text{oxálsav}} = M_{\text{oxálsav}} * c = 90 * 0,0825 = 7,43 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

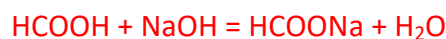
Haladó szint

H/1 Ismeretlen töménységű hangyasavoldat 20,0 cm³ térfogatából törzsoldatot készítünk oly módon, hogy az oldatot tízszeres térfogatra hígítjuk. Ebből a törzsoldatból 20,0-20,0 cm³ térfogatot megtitrálunk 0,0996 mol/dm³ töménységű nátrium-hidroxid-oldattal. A mérőoldatból átlagosan 10,56 cm³ fogy.

- Milyen töménységű a törzsoldat anyagmennyiség és tömegkoncentrációban kifejezve?
- Milyen töménységű az eredeti 20,0 cm³ térfogatú mintánk anyagmennyiség koncentrációban kifejezve?

Ez a feladat picit már trükkösebb, ugyanis beleviszünk hígítást is. A titrálásos érettségi példánál ez nagyon gyakori. Ne feledjük, hogy hígítás során az oldatban lévő oldott anyag mennyisége nem változik, vagyis, amikor a 20 cm³ hangyasav oldatot 200 cm³-re hígítjuk (tízszeres hígítás), akkor a 200 cm³ oldatban ugyanannyi hangyasav lesz, mint az eredeti 20 cm³-es oldatban. Ami viszont változik, az a térfogat, méghozzá tízszeresre illetve vele fordítottn az anyagmennyiség koncentráció, azaz az eredetihez képest tized annyi lesz (mert tízszer akkor térfogatban lesz ugyannyi oldott anyag).

Tehát a törzsoldat a hígított 200 cm³ térfogatú mintánk, majd ebből csak 20-20 cm³ térfogatot titrálunk, azaz csak a tizedét. Mivel a titrálásra felhasznált 20 cm³ térfogatú oldatot a 200 cm³-es törzsoldatból vesszük ki közvetlenül, ezért ezeknek a koncentrációja megegyezik, mert ugyanaz az oldat, csak kisebb részlete. Ily módon számoljuk ki a törzsoldat koncentrációját, de előtte írjuk fel a reakció egyenletét:



Jól látszik, hogy a hangyasav és a NaOH 1:1 mólarányban reagál.

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{HCOOH}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{HCOOH}} * V_{\text{HCOOH}}}$$

Ha fenti egyenletbe behelyettesítjük az ismert adatokat, akkor ki tudjuk számolni a hangyasav koncentrációját.

$$\frac{1}{1} = \frac{0,0996 * 10,56}{c_{\text{HCOOH}} * 20}$$

$$c_{\text{HCOOH}} = 0,0526 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Tehát a törzsoldat koncentrációja $0,0526 \text{ mol/dm}^3$, ezt váltsuk át tömegkoncentrációra a hangyasav moláris tömegének a segítségével:

$$\rho_{\text{HCOOH}} = M_{\text{HCOOH}} * c = 46 * 0,0526 = 2,42 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

A fenti töménységek a a törzsoldatra vonatkoznak, melyet úgy kaptunk, hogy az eredeti mintánkat tízszeresre hígítottuk. Ebből kifolyólag az eredeti mintánk tízszer töményebb, azaz anyagmennyiség koncentrációja:

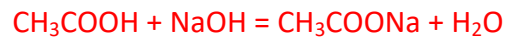
$$c_{\text{HCOOH}} = 0,526 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

H/2 Ismeretlen töménységű ecetsavoldat $15,0 \text{ cm}^3$ térfogatából törzsoldatot készítünk oly módon, hogy az oldatot ötszörös térfogatra hígítjuk. Ebből a törzsoldatból $10,0\text{-}10,0 \text{ cm}^3$ térfogatot megtitrálunk $0,105 \text{ mol/dm}^3$ töménységű nátrium-hidroxid-oldattal. A mérőoldatból átlagosan $5,060 \text{ cm}^3$ fogy.

- Milyen töménységű a törzsoldat anyagmennyiség és tömegkoncentrációban kifejezve?
- Milyen töménységű az eredeti $10,0 \text{ cm}^3$ térfogatú mintánk anyagmennyiség koncentrációban kifejezve?

Hígítás van itt is. Még mindig ne feledjük (és az írásbeliig sem célszerű), hogy hígítás során az oldatban lévő oldott anyag mennyisége nem változik, vagyis, amikor a 15 cm^3 ecetsav oldatot 75 cm^3 -re hígítjuk (ötszörös hígítás), akkor a 75 cm^3 oldatban ugyanannyi ecetsav lesz, mint az eredeti 15 cm^3 -es oldatban. Ami viszont változik, az a térfogat, méghozzá ötszörösére, illetve vele fordítotán az anyagmennyiség koncentráció, azaz az eredetihez képest ötöd annyira lesz.

Tehát a törzsoldat a hígított 75 cm^3 térfogatú mintánk, majd ebből csak $10\text{-}10 \text{ cm}^3$ térfogatot titrálunk. Mivel a titrálásra felhasznált 10 cm^3 térfogatú oldatot a 75 cm^3 -es törzsoldatból vesszük ki közvetlenül, ezért ezeknek a koncentrációja megegyezik, mert ugyanaz az oldat, csak kisebb részlete. Ily módon számoljuk ki a törzsoldat koncentrációját, de előtte írjuk fel a reakció egyenletét:



Jól látszik, hogy az ecetsav és a NaOH 1:1 mólarányban reagál.

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{ecetsav}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{ecetsav}} * V_{\text{ecetsav}}}$$

Ha fenti egyenletbe behelyettesítjük az ismert adatokat, akkor ki tudjuk számolni az ecetsav koncentrációját.

$$\frac{1}{1} = \frac{0,105 * 5,06}{c_{\text{ecetsav}} * 100}$$

$$c_{\text{ecetsav}} = 0,0531 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

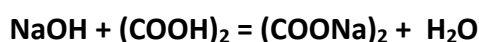
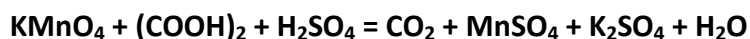
Tehát a törzsoldat koncentrációja $0,0531 \text{ mol/dm}^3$, ezt váltsuk át tömegkoncentrációra az ecetsav moláris tömegének a segítségével:

$$\rho_{\text{ecetsav}} = M_{\text{ecetsav}} * c = 60 * 0,0531 = 3,19 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

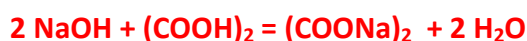
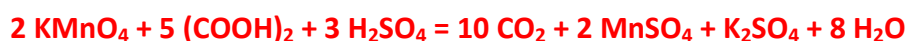
A fenti töménységek a a törzsoldatra vonatkoznak, melyet úgy kaptunk, hogy az eredeti mintánkat ötszörösére hígítottuk. Ebből kifolyólag az eredeti mintánk ötször töményebb, azaz anyagmennyiség koncentrációja:

$$c_{\text{HCOOH}} = 0,266 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

H/3 Ismeretlen töménységű oxálsav-oldatot permanganometriásan titrálunk. A 0,0650 mol/dm³ töménységű kálium-permanganát mérőoldatból átlagosan 6,00 cm³ térfogat fogy. Mekkora térfogatú 0,100 mol/dm³ töménységű nátrium-hidroxid-oldat fogyna a fent említett töménységű oxálsav-oldat fele mennyiségének a titrálására? A két titrálás rendezendő egyenlete a következő:



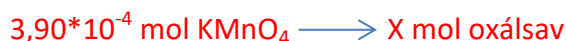
Mindenek előtt írjuk fel a rendezett egyenleteket (nem vezetem le, mert már levezettem):



Itt nem tudjuk használni az általam bemutatott titrálási egyenlete, mert nincs hozzá elég adatunk. Ilyenkor nincs más, mint mólokkal való számolás. Tudjuk, hogy az első folyamatban mekkora térfogatú és milyen töménységű kálium-permanganát kell az oxálsav teljes mennyiségének az eloxidálására. Ebből ki tudjuk számolni a kálium-permanganát anyagmennyiségét:

$$n_{\text{permanganát}} = c * V = 0,0650 * 0,006 = 3,90 * 10^{-4} \text{ mol}$$

A permanganát és az oxálsav 2:5 arányban reagál, azaz írjunk fel egy egyenes arányosságot:



Ebből $X=9,75 * 10^{-4}$ mol oxálsav

A feladat kérdése azonban az, hogy mennyi NaOH kell ahhoz, hogy a fent említett azonos töménységű, de fele mennyiségű oxálsavat közömbösítsük. Mivel fele mennyiségről van szó, emiatt $9,75 * 10^{-4} / 2 = 4,875 * 10^{-4}$ mol oxálsav található a rendszerben. A nátrium-hidroxid és az oxálsav 2:1 arányban reagál, tehát $4,875 * 10^{-4}$ mol oxálsav közömbösítéséhez kétszer ennyi NaOH, azaz $9,75 * 10^{-4}$ mol kell!

A NaOH oldat anyagmennyiség koncentrációja ismert, ebből kifolyólag a térfogata:

$$V = \frac{n}{c} = \frac{9,75 \cdot 10^{-4}}{0,1} = 0,00975 \text{ dm}^3 \text{ azaz } 9,75 \text{ cm}^3$$

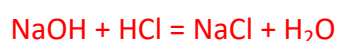
H/4 Ismeretlen alkálifém-karbonát 80,51 mg-ját 30.0 cm³ térfogatú 1,00 pH-jú sósav oldatban oldjuk. A reakció lezajlása és a szén-dioxid eltávozása után a keletkezett oldatot 100 cm³ térfogatra hígítjuk, majd 10,0-10,0 cm³ térfogatát 0,01097 mol/dm³ töménységű nátrium-hidroxid-oldattal titráljuk. A mérőoldat átlagos fogyása 13,50 cm³ Melyik fémet tartalmazza az ismeretlen fém-karbonát?

Ez már eléggé érettségibe is beilleszthető feladatok közé tartozik. Egy ismeretlen alkálifém-karbonát képlete kell. Jelöljük az alkáli fémet általánosan Me-vel! Mivel az alkálifémek egyértékű fémek, ezért az alkálifém karbonát képlete a következőképpen fog kinézni:



Ahhoz, hogy megtudjuk melyik fémről van szó, ki kéne számolni a fém moláris tömegét. Tudjuk a fém-karbonát tömegét, ha valahogyan ki tudnánk számolni az anyagmennyiségét, akkor tudnánk a moláris tömegét is. Tehát kell a fém-karbonát anyagmennyisége. Ezt biztosan csak a sósavval való reakció útján tudjuk kiszámítani, de ehhez tudni kéne, hogy mennyi sósav fogy csak a fém-karbonátra. Ezt nem olyan egyszerű kiszámítani, ugyanis a fém-karbonát feloldása után az oldat savas marad, máskülönben nem semlegesítenénk NaOH-val. És itt jön a titrálás a képbe. A titrálás által ki tudjuk számolni, hogy mennyi sósav maradt a rendszerben a fém-karbonát oldása után. Azt is tudjuk, hogy eredetileg mennyi sósavban oldottuk a fém-karbonátot. Lássunk csodát, ha a kezdeti sósav mennyiségéből kivonjuk a titrálás során megkapott maradék mennyiséget, akkor megkapjuk, hogy mennyi sósav fogyott csak a fém-karbonátra, onnantól meg nyerő a helyzet! Ezt a feladatot érdemes nagyon átgondolni, mert az ilyen típusú példákat szeretik a vizsgán! Tehát, kezdjünk a titrálással!

Tehát a titrálás által határozzuk meg a maradék sósav mennyiségét. Írjuk fel az egyenletet:



A két anyag 1:1 arányban reagál. Számoljuk ki a sósav anyagmennyiség koncentrációját (jelzem lehet másképp is számolni, mondjuk anyagmennyiséggel kezdeni):

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{HCl}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}}}$$

$$\frac{1}{1} = \frac{0,01097 * 13,5}{c_{\text{HCl}} * 10}$$

$$c_{\text{HCl}} = 0,01481 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ez azt jelenti, hogy a megmaradt összes sósav 100 cm³ oldatban:

$$n = V * c = 0,1 * 0,01481 = 0,001481 \text{ mol}$$

Most számoljuk ki a kezdeti sósav anyagmennyiségét a feladatban megadott adatokból:

Ha a pH=1, akkor a c=0,1 mol/dm³. V=30 cm³ Ebből:

$$n = V * c = 0,03 * 0,1 = 0,00300 \text{ mol}$$

Ez azt jelenti, hogy a fém-karbonátra fogyott:

$$n_{\text{fogyott HCl}} = n_{\text{kezdeti HCl}} - n_{\text{maradék HCl}} = 0,003 - 0,001481 = 1,519 * 10^{-3} \text{ mol}$$

Most írjuk fel a fém-karbonát és a sósav reakcióját (ha Me-vel nehezen megy, akkor az egyik alkálifémet képzelj oda, mondjuk a K-mot és írd fel úgy az egyenletet, majd a K vegyjelet írd át Me-re)



A fém-karbonát és a sósav 1:2 arányban reagál, azaz 1,519*10⁻³ mol sósav fele ennyi fémkarbonáttal reagál, tehát a fém-karbonát anyagmennyisége: **7,595*10⁻⁴ mol**. Tömegének ismeretében számoljuk ki a moláris tömegét:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,08051}{7,595 * 10^{-4}} = 106 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

A fém moláris tömege:

$$106 = 2 * M_{Me} + 12 + 3 * 16$$

$$M_{Me} = 23,0 \frac{g}{mol}, \text{ azaz a nátrium!}$$

A fém-karbonát képlete: Na_2CO_3

H/5 Ismeretlen fém-oxid 1,400 grammját $20,0 \text{ cm}^3$ $5,000 \text{ mol/dm}^3$ töménységű sósav oldatban feloldunk. A reakció után visszamaradt savas kémhatású oldatból 200 cm^3 térfogatú törzsoldatot készítünk, majd a törzsoldat $20,0\text{-}20,0 \text{ cm}^3$ térfogatát $0,6250 \text{ mol/dm}^3$ nátrium-hidroxid-oldattal titráljuk. A mérőoldat átlagos fogyása $8,000 \text{ cm}^3$. Melyik fém-oxidról van szó, ha tudjuk, hogy a fém-oxidban a fém oxidációs száma kettő?

Ez a feladat teljesen analóg az előzővel!

Egy ismeretlen fém-oxid képlete kell. Jelöljük a fémet általánosan Me-vel! Van azonban egy kis gond, nem tudjuk, hogy hány értékű a fémünk. Ilyen esetekben kétféleképpen járhatunk el. Az első eset, hogy a fém értékűségét ismeretlennel jelöljük, például a fém Me^{z+} iont képez. Ez egy nagyon elegáns megoldási módszer, azonban matematikailag jóval bonyolultabb, illetve azok számára, akik nem túl sok kémiát tanultak sokkal érthetlenebb, mint a másik módszer, a próbálgató módszer. Mivel a próbálgató módszer egyszerűbb matematikailag és könnyebben meg is érthető, ezért ezzel fogom a feladatot levezetni (*akit esetleg érdekel a másik levezetés, az írjon e-mailt és elküldöm szívesen, ne feledd e-mail címem a lap tetején*).

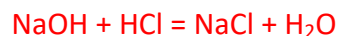
A próbálgató módszernek az a lényege, hogy addig próbálgatjuk a fém értékűségét, amíg rendes megoldást nem kapunk. Praktikus elsőnek kétértékűnek feltételezni a fémet, ugyanis a legtöbb feladatban az lesz. Ha esetleg nem működik, akkor az egy értéket, majd a három és esetleg a négy értéket is ki lehet próbálni. Én a kétértékűvel kezdek, azaz azt feltételezem, hogy a fém a vegyületben +2-es oxidációs állapotban van. Ekkor a képlete:



Ahhoz, hogy megtudjuk melyik fémről van szó, ki kéne számolni a fém moláris tömegét. Tudjuk a fém-oxid tömegét, ha valahogyan ki tudnánk számolni az anyagmennyiségét, akkor tudnánk a moláris tömegét is. Tehát kell a fém-oxid anyagmennyisége. Ezt biztosan csak a

sósavval való reakció útján tudjuk kiszámítani, de ehhez tudni kéne, hogy mennyi sósav fogy csak a fém-oxidra. Ezt nem olyan egyszerű kiszámítani, ugyanis a fém-oxid feloldása után az oldat savas marad, máskülönben nem semlegesítenénk NaOH-val. És itt jön a titrálás a képbe. A titrálás által ki tudjuk számolni, hogy mennyi sósav maradt a rendszerben a fém-oxid oldása után. Azt is tudjuk, hogy eredetileg mennyi sósavban oldottuk a fém-oxidot. Lássunk csodát, ha a kezdeti sósav mennyiségéből kivonjuk a titrálás során megkapott maradék mennyiséget, akkor megkapjuk, hogy mennyi sósav fogyott csak a fém-oxidra, onnantól meg nyerő a helyzet! Tehát, kezdjünk a titrálással!

Tehát a titrálás által határozzuk meg a maradék sósav mennyiségét. Írjuk fel az egyenletet:



A két anyag 1:1 arányban reagál. Számoljuk ki a sósav anyagmennyiség koncentrációját (jelzem lehet másképp is számolni, mondjuk anyagmennyiséggel kezdeni):

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{HCl}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}}}$$

$$\frac{1}{1} = \frac{0,625 * 8}{c_{\text{HCl}} * 20}$$

$$c_{\text{HCl}} = 0,250 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ez azt jelenti, hogy a megmaradt összes sósav 200 cm^3 oldatban:

$$n = V * c = 0,2 * 0,250 = 0,0500 \text{ mol}$$

Most számoljuk ki a kezdeti sósav anyagmennyiségét a feladatban megadott adatokból:

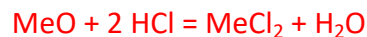
Ha a $\text{pH}=1$, akkor a $c=5 \text{ mol/dm}^3$. $V=20 \text{ cm}^3$ Ebből:

$$n = V * c = 0,02 * 5 = 0,100 \text{ mol}$$

Ez azt jelenti, hogy a fém-karbonátra fogyott:

$$n_{\text{fogyott HCl}} = n_{\text{kezdeti HCl}} - n_{\text{maradék HCl}} = 0,100 - 0,0500 = 0,0500 \text{ mol}$$

Most írjuk fel a fém-oxid és a sósav reakcióját



A fém-oxid és a sósav 1:2 arányban reagál, azaz 0,0500 mol sósav fele ennyi fém-oxiddal reagál, tehát a fém-oxid anyagmennyisége: **0,025 mol**. Tömegének ismeretében számoljuk ki a moláris tömegét:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{1,4}{0,025} = 56,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

A fém moláris tömege:

$$56 = M_{\text{Me}} + 16$$

$$M_{\text{Me}} = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, \text{ azaz a kalcium!}$$

A fém-karbonát képlete: **CaO**.

Ne feledjük, ha nem a kalcium, vagy valamilyen más két értékű fém lett volna a megoldás, akkor a fenti moláris tömegre hülyeség jön ki! Ez nem azt jelenti, hogy elrontottuk a feladatot, hanem azt, hogy más értékűséget kell feltételezni, azaz az utolsó lépést újra meg kell csinálni, csak más értékű fémmel (pl.: egyértékűvel).

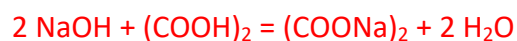
H/6 Egy laboratóriumban szilárd oxálsavat levegőn állni hagytak és emiatt az oxálsav a levegő nedvességtartalmát kristályvíz formájában felvette. Meg szeretnénk határozni, hogy a vizsgált mintánk egy mólja hány mól vizet tartalmaz, emiatt 1,260 gramm kristályvizes oxálsavból 500,0 cm³ törzsoldatot készítünk. Ennek a törzsoldatnak a 20,0-20,0 cm³ térfogatát 0,06531 mol/dm³ töménységű nátrium-hidroxid mérőoldattal titráljuk. A mérőoldatból átlagosan 12,25 cm³ térfogat fogy. Hány mól vízzel kristályosodik az oxálsav egy mólja?

A kristályvíz tartalmú oxálsav képlete általánosan (COOH)₂*XH₂O

Ez is egy szép érettségibe illő példa. Jó példa arra, hogyan lehet ötvözni a kristályvizes példákat a titrálásos példákkal (*tipp: ha elfeledted a kristályvizes példák megoldását, akkor mielőtt ennek a példának nekiesel ismételj vissza pár kristályvizes feladat megoldásával!*). Mielőtt, még

bárki rosszul lenne a példától ne ijedjünk meg, mert ez nem egy nehéz példa, ha picit belegondolunk, hogy mi is történik és miért kell a titrálás.

Amikor a kristályvizes oxálsav 1,260 grammját vízben oldjuk, akkor az oldatban NEM!!! 1,260 tiszta oxálsav kerül, hanem ennél biztosan kevesebb, ugyanis az 1,260 g kristályvizes oxálsavnak csak EGY RÉSZE TISZTA OXÁLSAV, a többi víz. A titrálás által pont ezt fogjuk tudni meghatározni, hogy mennyi a tiszta oxálsav mennyisége, ugyanis a nátrium-hidroxid csak az oxálsavval reagál. Kezdjük az egyenlet felírásával (vigyázat, az oxálsav kétértékű sav):



Tudjuk, hogy a szilárd kristályvizes oxálsavból 500 cm³ térfogatú oldatot készítettünk, majd ennek az oldatnak a 25-öd részét titráljuk, azaz 20 cm³ térfogatot. Ezáltal ki tudjuk számolni az oxálsav oldat anyagmennyiség koncentrációját!

$$\frac{2}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{oxálsav}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{oxálsav}} * V_{\text{oxálsav}}}$$

$$\frac{2}{1} = \frac{0,06531 * 12,25}{c_{\text{oxálsav}} * 20}$$

$$c_{\text{oxálsav}} = 0,0200 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

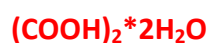
Tehát akkor az 500 cm³ oldatban az oxálsav anyagmennyisége:

$$n_{\text{oxálsav}} = 0,5 * 0,0200 = 0,0100 \text{ mol}$$

Nézzük meg, hogy ez mekkora tömegű oxálsavat jelent:

$$m_{\text{oxálsav}} = n * M = 0,01 * 90 = \mathbf{0,900 \text{ g}}$$

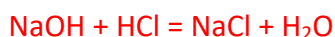
Ez azt jelenti, hogy amikor 1,26 g kristályvizes oxálsavból 500 cm³ oldatot készítettünk, akkor az oldatba 0,900 g oxálsav került! Ez hogy lehet, hisz 1,26 gramm sóból csináltuk az oldatot? Úgy, hogy a vizes 1,26 grammjában a tiszta oxálsav csupán 0,900 gramm, a maradék 0,36 gramm víz. Ezeket váltsuk át anyagmennyiségre és keressük meg a legkisebb egész számokat:



Tehát az oxálsavunk egy mólja 2 mól vízzel kristályosodik!

H/7 Kristályvíz tartalmú nátrium-karbonát 1,430 grammját 20,00 cm³ térfogatú 2,200 mol/dm³ töménységű sósav oldatban oldjuk. A szén-dioxid eltávozása után kapott oldatot 200,0 cm³ térfogatra hígítjuk, majd 10,00-10,00 cm³ térfogatát 0,1153 mol/dm³ töménységű nátrium-hidroxid mérőoldattal titráljuk. Az átlagos fogyás 14,75 cm³. Hány mól vízzel kristályosodik a nátrium-karbonát egy mólja?

Ez a feladat az előző feladattal lényegében analóg. A cél kiszámítani, hogy a kristályszórában mennyi tiszta nátrium-karbonát illetve víz van. Ehhez viszont szükségünk van a kristályszórá feloldására elhasznált sósav mennyiségére. Ismerős nem? Ezt úgy fogjuk tudni kiszámolni, hogy kiszámoljuk a titrálás által, hogy mennyi sósavunk maradt, kiszámoljuk a kezdeti sósav mennyiségét is, és a kettő különbsége kellett a nátrium-karbonát feloldására. Kezdjük a titrálással:



A két anyag 1:1 arányban reagál. Számoljuk ki a sósav anyagmennyiség koncentrációját:

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{HCl}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{HCl}} * V_{\text{HCl}}}$$

$$\frac{1}{1} = \frac{0,1153 * 14,75}{c_{\text{HCl}} * 10}$$

$$c_{\text{HCl}} = 0,1701 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Ez azt jelenti, hogy a megmaradt összes sósav 200 cm³ oldatban:

$$n = V * c = 0,2 * 0,1701 = 0,0340 \text{ mol}$$

Most számoljuk ki a kezdeti sósav anyagmennyiségét a feladatban megadott adatokból:

Ha a pH=1, akkor a c=2,20 mol/dm³. V=20 cm³ Ebből:

$$n = V * c = 0,02 * 2,2 = 0,044 \text{ mol}$$

Ez azt jelenti, hogy a fém-karbonátra fogyott:

$$n_{\text{fogyott HCl}} = n_{\text{kezdeti HCl}} - n_{\text{maradék HCl}} = 0,044 - 0,034 = 0,0100 \text{ mol}$$

A kristályvizes nátrium-karbonát képlete:



Amikor ezt a kristályvizes nátrium-karbonátot sósavban oldjuk, akkor a víztartalma semmit nem csinál kémiai szempontból, a reakcióban csupán a kristálysóda nátrium-karbonát tartalma vesz részt. Ebből következően a folyamat egyenlete:



Vagyis, 1 mol karbonát két mól sósavval reagál, azaz 0,01 mol sósav fele ennyi karbonátra fogyott, vagyis 0,005 mólra.

Tehát tudjuk a karbonát anyagmennyiségét, ebből számoljuk ki a tömegét:

$$m_{\text{karbonát}} = 0,005 \cdot 106 = 0,530 \text{ g}$$

Ez csak a kristálysódából jöhetett, tehát a kristálysódában 0,53 g nátrium-karbonát van. Ez azt jelenti, hogy $1,430 - 0,53 = 0,900$ gramm víz. Váltunk át a nátrium-karbonát és a víz tömegét anyagmennyiségre, majd keressük meg a legkisebb egész számokat:



H/8 Ismeretlen egyértékű fém 115 mg-ját 150 cm^3 1,00-es pH-jú sósavban oldunk. A keletkezett oldatot ezután $1,000 \text{ dm}^3$ térfogatra hígítjuk. A hígítás és a reakció hatására az új oldat pH-ja egy egységgel tér el az eredeti 150 cm^3 térfogatú oldat pH-jához képest.

- Melyik fémet oldottuk fel a sósav oldatban?
- Ha a keletkezett $1,00 \text{ dm}^3$ oldat $20,0 \text{ cm}^3$ térfogatát megtitrálnánk $0,04000 \text{ mol/dm}^3$ töménységű nátrium-hidroxid-oldattal, akkor mennyi fogyna a mérőoldatból átlagosan?

Jelöljük a fémet általánosan Me-vel! Mivel egyértékű fémről van szó, ezért +1 töltésű iont képez vegyületeiben. Írjuk fel sósavval való reakcióját (ha általánosan nehéz felírni, akkor keressünk egy egyértékű fémet, pl a K-mot és írjuk fel annak a mintájára a reakciót).



A feladat elég tisztán leírja, hogy az alkalmazott sósav feleslegben van! Honnan tudjuk? A feladat szövege azt írja, hogy oldás hatására a pH egy egységgel változik, azaz 1-ről 2-re nő. (Kevésbé lesz savas, mert fogy a sósav).

A fémnek tudjuk a tömegét, ahhoz, hogy anyagi minőségét beazonosítsuk, tudnunk kellene a moláris tömegét, ehhez viszont szükségünk van az anyagmennyiségére. A fém anyagmennyiségét az elfogyó sósav anyagmennyisége által lehet meghatározni (más út nincs sajna). Ehhez azonban tudnunk kell, hogy mennyi sósav volt a reakció előtt és mennyi maradt a reakció után:

Kezdeti sósav pH-ja egy, azaz anyagmennyiség koncentrációja $0,1 \text{ mol/dm}^3$. Térfogata $0,150 \text{ dm}^3$.

$$n_{\text{kezdeti HCl}} = 0,1 * 0,15 = 0,015 \text{ mol}$$

A reakció után kapott oldatot 1 dm^3 -re hígítjuk és így az oldat pH-ja 2 lesz, azaz anyagmennyiség koncentrációja $0,01 \text{ mol/dm}^3$.

$$n_{\text{maradék HCl}} = 0,01 * 1 = 0,01 \text{ mol}$$

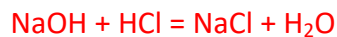
Ebből a fémre fogyó sósav mennyisége:

$$n_{\text{fogyott HCl}} = n_{\text{kezdeti HCl}} - n_{\text{maradék HCl}} = 0,015 - 0,01 = \mathbf{0,00500 \text{ mol}}$$

A fém és a sósav 1:1 arányban reagál (nézd meg az egyenletet), azaz $0,005 \text{ mol}$ sav $0,005 \text{ mol}$ fémet fogyaszt. Tudjuk, hogy a fém tömege $0,115 \text{ g}$. Ebből a moláris tömege:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,115}{0,005} = 23,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ ez a fém a NÁTRIUM}$$

A feladat másik részében az a kérdés, hogy a fémmel való reakció után keletkezett oldat 20 cm^3 -nek a titrálásához mennyi NaOH oldat kell. Írjuk fel a sósav és NaOH reakcióját:



Előzőleg kiszámoltuk, hogy az 1 dm³ térfogatú sósav oldatban 0,01 mol HCl van, azonban ennek csak egy részét, 20 cm³ térfogatát, azaz ötvened részét titráljuk. Ez azt jelenti, hogy a 20 cm³ titrált mennyiségben csak $0,01/50=2 \cdot 10^{-4}$ mol HCl van. A fenti egyenlet alapján 1 mol HCl 1 mol NaOH-val reagál, tehát $2 \cdot 10^{-4}$ mol HCl ugyanennyi NaOH-t fogyaszt. A NaOH koncentrációja ismert, ebből a térfogata:

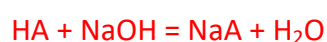
$$V = \frac{n}{c} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,04000} = 0,005 \text{ dm}^3 \text{ azaz } 5,00 \text{ cm}^3$$

H/9 Ismeretlen tömegű tejsavból 20,0 cm³ mintaoldatot készítünk. Ebből a mintaoldatból tízszeres hígítás által 200 cm³ törzsoldatot állítunk elő. A törzsoldat 10,0-10,0 cm³ térfogatát három párhuzamos mérésben 0,0805 mol/dm³ töménységű nátrium-hidroxid oldattal megtitráljuk. A mérőoldat átlagos fogyása 6,211 cm³.

- Milyen töménységű a törzsoldat g/dm³-ben kifejezve?
- Milyen töménységű a mintaoldat mol/dm³-ben kifejezve?
- Hány gramm tejsavból készítettünk oldatot?

Nagyon fontos tudni, hogy a tejsav, másik nevén 2-hidroxi-propánsav egy egyértékű szerves sav. Ha nem tudjuk, hogy hány értékű a sav, amit titrálunk, akkor bajban leszünk és nagy eséllyel elrontjuk a feladatot, tehát a főbb szerves savak képletét mindenki tanulja meg, de ha esetleg nem jut az eszetekbe, vagy nem vagytok biztosak benne, akkor használjatok függvénytáblát, más különben könnyen tudnak 6-7 pontok repkedni egy ilyen példánál. Ezt tapasztalatból írom!

A tejsavat jelöljük általánosan HA-val. Ekkor a reakciója NaOH-val (ha valaki a rendes képlettel írja fel az egyenletet, az nem baj, sőt!):



Elsőnek ki kéne számolni a törzsoldat töménységét tömegkoncentrációban. Egyszerűbb, ha elsőnek kiszámoljuk a tejsav anyagmennyiség koncentrációját, majd azt váltjuk át

tömegkoncentrációra. Ehhez a titrálást kell alkalmazni. Tudjuk, hogy a két anyag 1:1 arányban reagál:

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{tejsav}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{tejsav}} * V_{\text{tejsav}}}$$

$$\frac{1}{1} = \frac{0,0805 * 6,211}{c_{\text{tejsav}} * 10}$$

$$c_{\text{tejsav}} = 0,0500 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A tejsav moláris tömege 90 g/mol. A titráláshoz felhasznált 10 cm³ oldatot a 200 cm³ törzsoldatból vettük ki, tehát ezeknek a koncentrációja azonos. A törzsoldat tömegkoncentrációja:

$$\rho_{\text{tejsav}} = M_{\text{tejsav}} * c = 90 * 0,0500 = \mathbf{4,50 \frac{g}{dm^3}}$$

Második kérdés, a mintaoldat koncentrációja. Ezt nagyon egyszerű kiszámítani a törzsoldat koncentrációjának az ismeretében, ugyan a mintaoldatból tízszeres hígítással készült a törzsoldat, azaz a mintaoldat tízszer töményebb, mint a törzsoldat:

$$c_{\text{tejsav mintaoldat}} = \mathbf{0,500 \frac{mol}{dm^3}}$$

Utolsó kérdés, a mintaoldat készítéséhez felhasznált tejsav tömege. Ez a mintaoldat koncentrációjának (0,5 mol/dm³) és térfogatának (20 cm³) ismeretében egyszerűen kiszámítható:

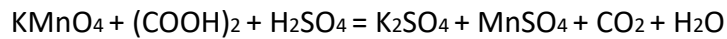
$$n_{\text{tejsav}} = c * V = 0,5 * 0,02 = 0,01 \text{ mol}$$

$$m_{\text{tejsav}} = n * M = 0,01 * 90 = \mathbf{0,900 \text{ g}}$$

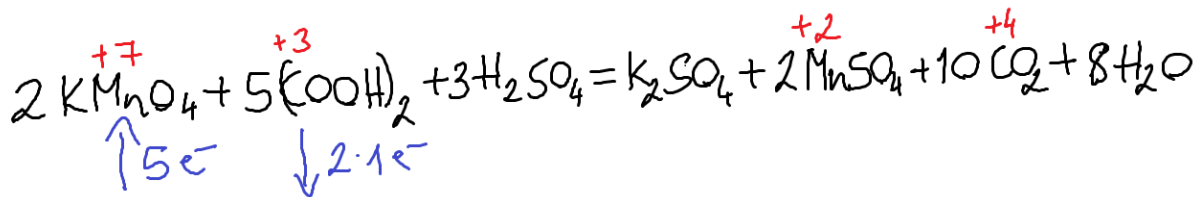
Érettségi feladatok

É/1 2009 október 10. Számítási feladat (7 pont)

3,15 gramm kristályvíztartalmú oxálsavat vízben oldunk. Az így kapott oldat egytizede 12,5 cm³ térfogatú, 0,0800 mol/dm³ koncentrációjú kálium-permanganát-oldatot szintelenít el kénsavas közegben, az alábbi (rendezendő!) reakcióegyenlet szerint:



a) Oxidációs számok jelölésével rendezze a fent jelölt reakció egyenletét!



b) Határozza meg a kristályvizes oxálsav képletét!

Gyönyörű példa arra, hogy hogyan lehet a kristályvizes példákat titrálási példákkal kombinálni. Ezeknek a példák általában ugyanarra a kaptafára épülnek. A vizes sót, amikor feloldjuk vízben, akkor szétesik, a vizes sóban lévő tiszta só lesz az oldott anyag. Ezután a titrálás által mi ezt az oldott tiszta só anyagmennyiségét fogjuk tudni meghatározni. Ha tudjuk a vizes sóban lévő tiszta só mennyiségét, akkor megvan a só képlete is.

A kálium-permanganát-oldat térfogatából és koncentrációjából kiszámítható az oldott kálium-permanganát anyagmennyisége:

$$n_{\text{permanganát}} = c_{\text{permanganát oldat}} \cdot V_{\text{permanganát oldat}}$$

$$n_{\text{permanganát}} = 0,0125 \cdot 0,0800 = 0,00100 \text{ mol}$$

A reakcióegyenlet alapján 2 mol permanganát 5 mol, azaz 2,5-szörös mennyiségű oxálsavat fogyaszt:

$$n_{\text{oldott oxálsav}} = 2,5 \cdot 0,001 = 0,00250 \text{ mol}$$

Így megkaptuk a tiszta oldott oxálsav mennyiségét, moláris tömege által számítsuk ki a tömegét:

$$m_{\text{oxálsav}} = 0,00250 \cdot 90,0 = 0,225 \text{ g}$$

Ne feledjünk egy nagyon fontos tény, mely egyben elég gyakori hibaforrás is. Mi kálium-permanganáttal az oxálsav-oldat csupán egytizedét reagáltattuk, azaz a kapott 0,225 g oxálsav a teljes mennyiségnek csakis az egytizede. A teljes oxálsav mennyisége:

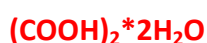
$$m_{\text{teljes oxálsav}} = 10 \cdot 0,225 = 2,25 \text{ g}$$

Tehát 2,25 g tiszta oxálsavat tartalmazott a teljes oldatunk. Ez csakis a vizes sóból jöhetett, ugyanis ne feledjük, hogy a vizes só feloldása által kaptuk az oldatot. Ez azt jelenti, hogy a 3,15 g vizes sóban 2,25 g tiszta oxálsav volt, azaz a maradék 0,900 g a kristályvíz. Mivel a képletek anyagmennyiség arányt fejeznek ki, ezért számoljuk ki a kristályvíz és az oxálsav anyagmennyiségét a tömegeikből:

$$n_{\text{oxálsav}} = \frac{2,25}{90,0} = 0,025 \text{ mol}$$

$$n_{\text{kristályvíz}} = \frac{0,900}{18,0} = 0,0500 \text{ mol}$$

Szerintem ezt le sem kell vezetni, mert jól látszik az anyagmennyiségekből, hogy a vízből kétszer annyi van, mint az oxálsavból, azaz a vizes só képlete:



É/2 2015 május (1513) 6. Számítási feladat (7 pont)

A cukortartalom mellett a must savtartalma is igen fontos adat, mivel ez is befolyásolja az erjedéssel képződő bor ízvilágát. Az érés kezdetén (ún. zsendülés közben) a bor savtartalma 25,0–30,0 g/dm³ koncentrációról 8,00–15,0 g/dm³-re csökken.

Egy mustminta 25,00 cm³-éből 100,0 cm³ törzsoldatot készítettünk. Ennek 20,00 cm³-es részleteit 0,09897 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldattal titráltuk. Átlagosan 11,40 cm³ fogyott a lúgoldatból.

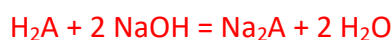
Mekkora a vizsgált must savtartalma g/dm³-ben, ha feltételezzük, hogy a must savasságát csak a borkósav okozza?

A feladat szövegének az első három sora csak mese, vagyis inkább érdekesség, nem kell vele foglalkozni, mert a feladattal kapcsolatban érdemi információt nem tartalmaz.

A must-sav mintát 4-szeres térfogatra hígítja, majd ezt a hígított oldatot titrálja. Tömegkoncentrációt kér a feladat, de ne feledjük, hogy a tömegkoncentráció könnyedén számolható az anyagmennyiség koncentrációból az oldott anyag moláris tömegének ismeretében, amit ugye tudunk, mert tudjuk, hogy kiről van szó.

Amit anno ebben a feladatban nagyon sokan benéztek az az, hogy a borkósav KÉTÉRTÉKŰ!!!! Sokan sajnos nem néztek utána a függvénytáblában, mi ezt a hibát ne kövessük el. Tehát a borkósavat (szebb nevén 2,3-dihidroxibután1,4-disav) nevezzük el általános képlettel, hogy ne kelljen a reakció során felrajzolni. Kétértékű sav lévén a képlete H₂A. Stratégia:

kiszámoljuk a titrálás által a híg oldatunk anyagmennyiség koncentrációját, majd ebből a tömény oldatét, mert tudjuk, hogy a tömény oldat négyszer töményebb. Ezután a moláris tömeg segítségével az anyagmennyiség koncentrációt átváltjuk tömegkoncentrációra. Nézzük elsőnek a titrálást:



Tehát a borkősav és a nátrium-hidroxid 1:2 arányban reagál:

$$\frac{2}{1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{borkősav}}} = \frac{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}{c_{\text{borkősav}} * V_{\text{borkősav}}}$$

$$\frac{2}{1} = \frac{0,09897 * 11,40}{c_{\text{borkősav}} * 20}$$

$$c_{\text{borkősav törzsoldat}} = 0,02821 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Az eredeti mintánk 4-szer töményebb, azaz:

$$c_{\text{borkősav mintaoldat}} = 0,1128 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

A borkősav moláris tömege 150 g/mol, így tömegkoncentrációja:

$$\rho_{\text{borkősav}} = M_{\text{borkősav}} * c = 150 * 0,1128 = 16,92 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3}$$

É/3 2017 május (1711) 9. Számítási feladat (11 pont)

A gyomorsav csökkentő gyógyszerek egyik csoportját az antacidok képezik, amelyek a meglévő gyomorsavat képesek közömbösíteni, így tüneti kezelésre alkalmasak. A tisacid nevű antacid hatóanyagának képlete: $\text{AlMe}(\text{OH})(\text{CO}_3)_2$, ahol az *Me* egy meghatározandó fémet jelent.

A hatóanyagból 301,3 mg-ot $20,0 \text{ cm}^3$ $1,00 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú salétromsav-oldatban oldottunk. A reakció során a vegyület fémtartalma nitrátok formájában oldatba került.

A reakcióban keletkező gáz eltávozása után a kapott oldatot 100 cm^3 -re egészítettük ki.

A hígított oldat $20,0 \text{ cm}^3$ -es részleteiben lévő sav-felesleget titrálással határoztuk meg.

A $0,192 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú NaOH-mérőoldat átlagfogyása $12,5 \text{ cm}^3$ volt.

a) Határozza meg a hatóanyagban az ismeretlen fém oxidációs számát!

Tehát a vegyület képlete:



A vegyületünk egy alumínium ionból (+3-mas töltés), egy ismeretlen fémből (+X-es töltés), egy hidroxid ionból (-1-es töltés) és két karbonát ionból (2*-2-es töltés) áll. A vegyületben az egyes alkotók töltésének az összegének nullára kell kijönnie, mert a magának a vegyületnek nincs töltése. Ebből kifolyólag X a következőképpen számítható:

$$+3 + X + (-1) + 2 * (-2) = 0 \quad \text{ebből } X = +2$$

Tehát a fém a vegyületben **+2-es oxidációs állapotban** van jelen!

b) Írja fel a salétromsavas oldás során lejátszódó reakció rendezett egyenletét!

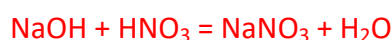
A salétromsavas oldás során a fém-ionokból fém-nitrátok lesznek, a hidroxid ionból proton hatására víz, a karbonátból pedig szén-sav, ami egyből szétesik szén-dioxidra és vízre:



c) Számítással határozza meg a hatóanyag anyagmennyiségét!

Mi történik? Feloldjuk a mintánkat feleslegben lévő salétromsavban, majd annak érdekében, hogy tudjuk, hogy mennyi felesleget alkalmaztunk NaOH mérőoldattal semlegesítjük az oldás után az oldatban maradt sósavat. Ez egy nagyon típuspélda!!! Menetnek a következő: kiszámoljuk, hogy mennyi sav maradt az oldás után, ezt a titrálásból tudjuk meg. Kiszámoljuk, hogy mennyi savban oldottuk fel a szilárd anyagot. A kettő különbsége nem más, mint a szilárd anyagra elfogyó sav anyagmennyisége lesz. A salétromsav anyagmennyiségéből meg már nagyon egyszerűen tudunk következtetni a hatóanyag anyagmennyiségére a fenti reakció alapján. Kezdjük a titrálással:

100 cm³ térfogatú oldatból 20-20 cm³ térfogatot titráltunk. Írjuk fel a reakció egyenletét:



A két anyag 1-1 arányban reagál:

$$\frac{1}{1} = \frac{n_{\text{salétromsav}}}{n_{\text{NaOH}}} = \frac{c_{\text{salétromsav}} * V_{\text{salétromsav}}}{c_{\text{NaOH}} * V_{\text{NaOH}}}$$

$$\frac{1}{1} = \frac{c_{\text{salétromsav}} * 20}{0,192 * 12,5}$$

$$c_{\text{salétromsav}} = 0,120 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Tehát 100 cm³ oldatban a maradék salétromsav anyagmennyisége:

$$n_{\text{maradék salétromsav}} = 0,1 * 0,12 = \mathbf{0,0120 \text{ mol}}$$

Most számoljuk a kezdeti salétromsav mennyiségét, annak fényében, hogy tudjuk, hogy a szilárd anyagunkat 20 cm^3 térfogatú, $1,00 \text{ mol/dm}^3$ töménységű salétromsav oldatban oldottuk:

$$n_{\text{kezdeti salétromsav}} = 1 * 0,02 = \mathbf{0,0200 \text{ mol}}$$

Tehát akkor a szilárd anyagunkra elfogyó salétromsav mennyisége:

$$n_{\text{fogyó salétromsav}} = n_{\text{kezdeti salétromsav}} - n_{\text{maradék salétromsav}}$$

$$n_{\text{fogyó salétromsav}} = 0,02 - 0,012 = 0,00800 \text{ mol}$$

Az oldási folyamat egyenletéből jól látszik, hogy a hatóanyag és a salétromsav 1:5 arányban reagál, tehát ötszörös mennyiségű salétromsav kell egy móljának a feloldására. A salétromsav anyagmennyiségéből a hatóanyag anyagmennyisége:

$$n_{\text{hatóanyag}} = \frac{0,008}{5} = \mathbf{1,60 * 10^{-3} \text{ mol}}$$

d) Számítással határozza meg, hogy (az alumíniumon kívül) mely fémet tartalmazta a hatóanyag!

Tudjuk a hatóanyag tömegét és anyagmennyiségét. Számoljuk ki a moláris tömegét:

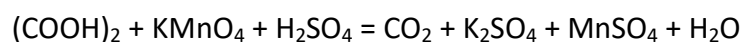
$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,3013}{1,60 * 10^{-3}} = \mathbf{188,3 \text{ g/mol}}$$

A hatóanyag moláris tömege az alkotó atomok moláris tömegének az összegéből tevődik össze:

$$188,3 = 27 + Y + 17 + 2 * 60 \text{ ebből, } Y = \mathbf{24,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}, \text{ ami a } \mathbf{MAGNÉZIUM}$$

É/4 2018 október 6. Számítási feladat (8 pont)

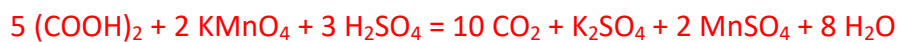
A kristályvíztartalmú ammónium-oxalát pontos képletének meghatározására $1,751 \text{ g}$ kristályvíztartalmú söt vízben oldunk és $200,0 \text{ cm}^3$ törzsoldatot készítünk. Ennek $10,00 \text{ cm}^3$ -es részleteit – $20,00$ tömegszázalékos kénsavoldattal történő savanyítás után – kálium-permanganát-oldattal titráljuk az alábbi, rendezendő egyenlet alapján:



A mért átlagfogyás a $0,01980 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú mérőoldatból $12,45 \text{ cm}^3$.

Határozza meg a kristályvíztartalmú ammónium-oxalát pontos képletét!

Elsőnek is írjuk fel a rendezett egyenletet:



Megjegyzés: a kérdés felmerülhet, hogy a fenti egyenlet miért oxálsavval van felírva és miért nem ammónium-oxaláttal. A kérdésre az a válasz, hogy savas közegben az oxalátionok protont vesznek fel és oxálsavvá alakulnak. Egy mólnyi ammónium-oxalátból 1 mólnyi oxálsav keletkezik, azaz ha mi a megadott adatok alapján kiszámítjuk az oxálsav anyagmennyiségét, akkor az egyben az ammónium-oxalát anyagmennyisége is lesz!

Amikor feloldjuk az ammónium-oxalátot, akkor elveszíti a kristályvíz tartalmát, azaz az oldatban lévő oldott anyag ammónium-oxalát (mely savas közegben oxálsavvá alakul), nem pedig a kristályvizes ammónium-oxalát. Ez egy típuspélda. A titrálás által azt fogjuk tudni meghatározni, hogy a kristályvizes sóban pontosan mennyi vízmentes só van. Ha megvan a vízmentes só tömege, akkor meg lesz az 1,751 grammnyi vizes sóban lévő víz mennyisége is, onnan pedig már egyszerűen meghatározható a képlet.

A titrálás által kiszámítható a törzsoldat anyagmennyiség koncentrációja a sztöchiometria alkalmazásával:

$$\frac{5}{2} = \frac{n_{\text{oxálsav}}}{n_{\text{permanganát}}} = \frac{V_{\text{oxálsav}} * C_{\text{oxálsav}}}{V_{\text{permanganát}} * C_{\text{permanganát}}}$$

$$\frac{5}{2} = \frac{10 * C_{\text{oxálsav}}}{0,01980 * 12,45}$$

$$C_{\text{oxálsav}} = 0,06163 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

Az összes oldott ammónium-oxalát a 200 cm³ törzsoldatban van benne (mivel 1 mol ammónium-oxalátból a savanyítás után 1 mol oxálsav keletkezik, ezért az ammónium-oxalát és az oxálsav anyagmennyisége megegyezik):

$$n_{\text{ammónium-oxalát}} = 0,06163 * 0,200 = 0,01233 \text{ mol}$$

Az oldott ammónium-oxalát tömege a moláris tömege által:

$$m_{\text{oxalát}} = 0,01233 * 124 = 1,529 \text{ g}$$

Ily módon megkaptuk azt, hogy 1,751 g vizes sóban pontosan mennyi ammónium-oxalát van. Ha 1,529 g ammónium-oxalát van az 1,751 g vizes sóban, akkor a kristályvíz tömege: $1,751 - 1,529 = 0,222$ g. Mivel a képletek molarányokat fejeznek ki, ezért számítsuk ki a kristályvíz anyagmennyiségét, majd az oxalát és a kristályvíz anyagmennyiség arányát:

$$n_{\text{kristályvíz}} = \frac{0,222}{18} = 0,01233 \text{ mol}$$

A só és a kristályvíz anyagmennyiségének az aránya:

$$\frac{n_{\text{oxalát}}}{n_{\text{víz}}} = \frac{0,01233}{0,01233} = 1$$

Azaz a vizes só képlete: $(\text{NH}_4)_2(\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.