

Titrimetria

(11. fejezet)

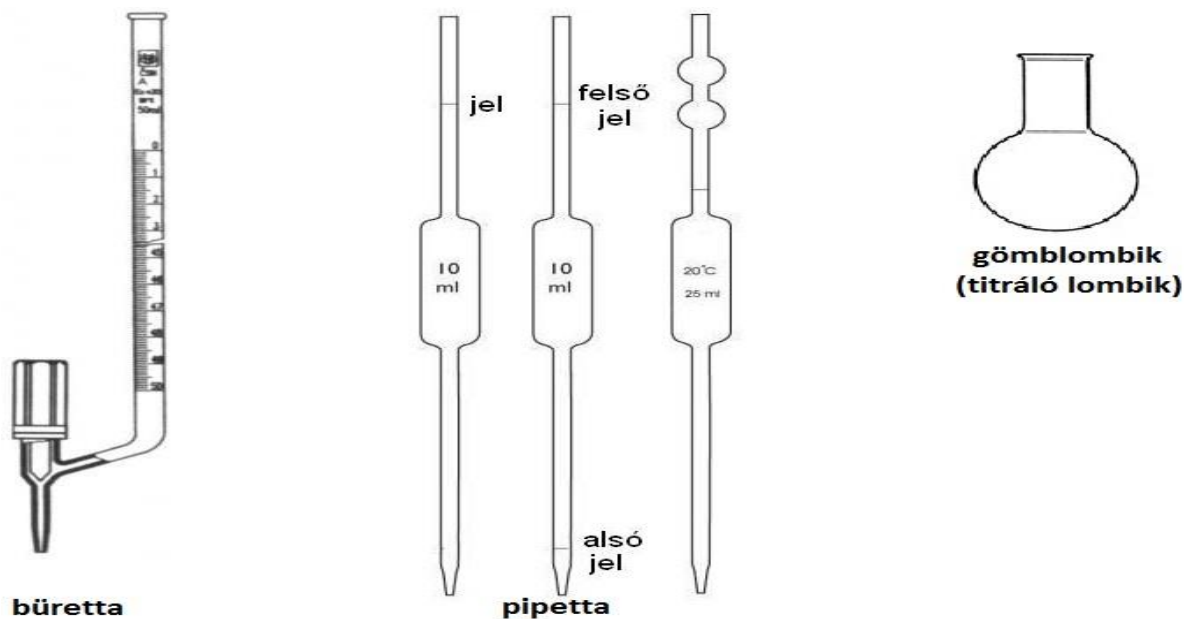
Elméleti bevezető

A titrimetria térfogat elemzéses koncentráció meghatározást jelent. Ezt úgy kell érteni, hogy egy ismeretlen koncentrációjú oldat koncentrációját úgy határozzuk meg, hogy egy olyan oldattal reagáltatjuk (titráljuk), melynek tudjuk a pontos koncentrációját. Akit titrálunk (ennek nem ismerjük a koncentrációját) mérendő oldatnak, akivel titrálunk (ennek ismerjük a koncentrációját) mérőoldatnak nevezzük. Nagyon fontos, hogy a titrálás olyan reakción alapuljon, amely egyértelmű (nincsenek mellékreakciók) és sztöchiometrikus.

Titráláshoz szükséges anyagok:

- mérőoldat: ezzel titrálunk és ismerjük a pontos koncentrációját, valamint fontos kritérium, hogy a mérendő oldattal egyértelműen és sztöchiometrikusan reagáljon
- mérendő oldat: ez az ismeretlen koncentrációjú oldatunk, aminek szeretnénk meghatározni a töménységét. Ismert térfogatot mérünk be belőle.
- indikátor: olyan anyag, amely arra szolgál, hogy színváltozással jelezze a titrálás végpontját, azaz azt a pontot, amikor a mérőoldat hatására a titráló lombikban a mérendő oldat elfogy.

Titráláshoz szükséges alapeszközök:



A bürettába töltjük a mérőoldatot és segítségével fogjuk tudni megállapítani, hogy mennyi kell majd belőle a mérendő oldat elfogyasztásához.

A pipetta segítségével a mérendő oldatból ismert mennyiséget (térfogatot) tudunk kimérni a titráló lombikba. Ez elengedhetetlen a sikeres titrálás végrehajtásának szempontjából. Kétfajta hasas pipetta létezik. Az egyik az egyjeles, melynek fent egyetlen jele van. Ez azt jelenti, hogy ha a fenti jelig felszívunk az oldatból, akkor pontosan akkora térfogatot mértünk ki, mint amennyi rá van írva a pipettára. A másik fajta a kétjeles pipetta. Ebben az esetben fent és lent is találunk 1-1 jelet és a két jel közötti folyadék térfogata akkora, mint amennyit ráírnak a pipettára.

Természetesen ezeken az eszközökön kívül még számos eszközre szükség lehet egy titrálás során, jelen jegyzetben csupán a legfontosabbakat soroltam fel.

Titrálás kivitelezése

Nézzük meg hogyan is zajlik egy átlagos sav-bázis titrálás egy konkrét példán keresztül. Ismeretlen koncentrációjú kénsav-oldat érkezett a laborba és a hallgató azt a feladatot kapta a vegyésztől, hogy határozza meg a kénsav-oldat pontos koncentrációját $0,100 \text{ mol/dm}^3$ -es NaOH oldat segítségével.

- A hallgató előméréseket végzett, mely során megállapította, hogy a $0,100 \text{ mol/dm}^3$ -es NaOH oldatnál a kénsav oldat jóval töményebb így első lépésként az ismeretlen kénsavból törzsoldatot készített. Törzsoldat készítés során egy $10,0 \text{ cm}^3$ -es pipetta segítségével kivett $20,0 \text{ cm}^3$ térfogatot a kénsavból majd ezt 25-szeres térfogatra hígította, azaz 500 cm^3 térfogatra.
- Következő lépésként a hallgató feltöltötte a bürettát NaOH oldattal és a törzsoldatból kimért 3 darab titráló lombikba $10\text{-}10 \text{ cm}^3$ térfogatot belőle.
- Ezután mind a három lombikhoz adott desztillált vizet és 1-1 csepp fenolftleint. (Ennek a hígításnak pusztán annyi szerepe van, hogy a titrálás végpontjában bekövetkező színváltozást jobban lássuk.)
- Az első lombikot a büretta alá rakta, majd szépen finoman megnyitotta bürettát (enyhén csepegjen az NaOH ne túl gyorsan) és elkezdte a titrálást. Ahogy egyre több NaOH kerül a titráló lombikba, úgy egyre nehezebben tűnik el a fenolftalein lúgos kémhatás esetén megfigyelhető rózsaszínes színe. A titrálást addig folytatjuk, amíg a lombikban lévő oldatnak állandósult hagymahéj színe nem lesz. Ennek az az oka, hogy a fenolftalein savas és semleges kémhatás esetén színtelen, azonban $\text{pH}=7,5$ körül átvált először hagymahéj majd rózsaszínes színre. A rózsaszínes szín azt jelzi nekünk, hogy a savas kémhatást okozó kénsav elfogyott, tehát vége a titrálásnak.
- Utolsó lépésként a hallgató leolvassa a bürettáról, hogy a 10 cm^3 kénsavhoz mennyi NaOH fogyott, majd elvégzi a fenti folyamatot újra minimum kétszer.

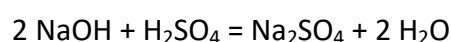
Nézzük meg, hogyan kell kiszámolni az ismeretlen kénsav oldat koncentrációját. Tudjuk, hogy 10 cm^3 térfogatot mértünk be a hígított 500 cm^3 kénsavból a titráláshoz. Először számoljuk ki ennek a koncentrációját, majd a töményét.

$$V_{\text{kénsav}} = 10,0 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{átlagfogyás}} = 12,0 \text{ cm}^3 \text{ (a három mérés átlaga)}$$

$$c_{\text{NaOH}} = 0,100 \text{ mol/dm}^3$$

Fontos mindig felírni a lejátszódó reakció egyenletét:



Az fenti egyenletből jól látszik, hogy 1 mol kénsavval 2 mol NaOH reagál, tehát:

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

Ha a fenti egyenletbe behelyettesítjük az ismert adatokat, akkor ki tudjuk számolni a kénsav koncentrációját. A térfogatokat most nem szükséges átváltani dm^3 -re csak akkor, ha az anyagmennyiséget is ki szeretnénk számolni:

$$\frac{2}{1} = \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} * 12 \text{ cm}^3}{c_{\text{kénsav}} * 10 \text{ cm}^3}$$

$$c_{\text{kénsav}} = 0,0600 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

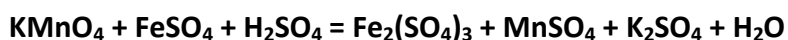
Alapfeladatok

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.

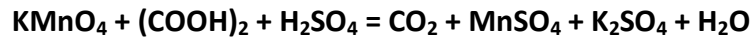
A/2 $10,0 \text{ cm}^3$ ismeretlen töménységű nátrium-hidroxid-oldatot titrálunk. A titráláshoz átlagosan $14,55 \text{ cm}^3$ $0,0100 \text{ mol/dm}^3$ töménységű sósav oldat fogy. Mi a nátrium-hidroxid-oldat anyagmennyiség koncentrációja?

A/3 $10,0 \text{ cm}^3$ ismeretlen töménységű kénsav oldatot titrálunk. A titráláshoz átlagosan $22,60 \text{ cm}^3$ $0,08790 \text{ mol/dm}^3$ töménységű kálium-hidroxid-oldat fogy. Mi a kénsavoldat anyagmennyiség koncentrációja?

A/4 Egy oldat vas(II)-ion tartalmát szeretnénk meghatározni permanganometriás titrálás útján. A vas(II)-ionokat tartalmazó oldatból $10,0 \text{ cm}^3$ térfogatot kimérünk egy titráló lombikban, majd a bürettát feltöltjük az előre megsavanyított $0,0500 \text{ mol/dm}^3$ töménységű kálium-permanganát mérőoldattal. A mérőoldatból átlagosan $7,25 \text{ cm}^3$ fogy. Milyen tömény a vas(II)-ionokat tartalmazó oldatunk? A reakció az alábbi rendezendő egyenlet szerint megy végbe:



A/5 Számold ki annak az oxálsav-oldatnak a töménységét g/dm^3 -ben, melynek $15,0 \text{ cm}^3$ térfogatához átlagosan $8,25 \text{ cm}^3$ $0,0600 \text{ mol/dm}^3$ töménységű kálium-permanganát mérőoldat szükséges. A folyamat a következő rendezendő egyenlet szerint megy végbe:



Haladó szint

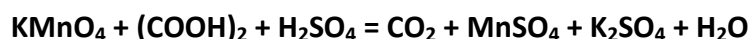
H/1 Ismeretlen töménységű hangyasavoldat $20,0 \text{ cm}^3$ térfogatából törzsoldatot készítünk oly módon, hogy az oldatot tízszeres térfogatra hígítjuk. Ebből a törzsoldatból $20,0$ - $20,0 \text{ cm}^3$ térfogatot megtitrálunk $0,0996 \text{ mol/dm}^3$ töménységű nátrium-hidroxid-oldattal. A mérőoldatból átlagosan $10,56 \text{ cm}^3$ fogy.

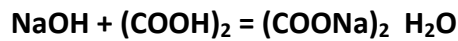
- Milyen töménységű a törzsoldat anyagmennyiség és tömegkoncentrációban kifejezve?
- Milyen töménységű az eredeti $20,0 \text{ cm}^3$ térfogatú mintánk anyagmennyiség koncentrációban kifejezve?

H/2 Ismeretlen töménységű ecetsavoldat $15,0 \text{ cm}^3$ térfogatából törzsoldatot készítünk oly módon, hogy az oldatot ötszörös térfogatra hígítjuk. Ebből a törzsoldatból $10,0$ - $10,0 \text{ cm}^3$ 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?

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





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?

H/5 Ismeretlen fém-oxid 1,400 grammját 20,0 cm³ 5,000 mol/dm³ töménységű sósav oldatban feloldunk. A reakció után visszamaradt savas kémhatású oldatból 200 cm³ térfogatú törzsoldatot készítünk, majd a törzsoldat 20,0-20,0 cm³ térfogatát 0,6250 mol/dm³ nátrium-hidroxid-oldattal titráljuk. A mérőoldat átlagos fogyása 8,000 cm³. Melyik fém-oxidról van szó, ha tudjuk, hogy a fém-oxidban a fém oxidációs száma kettő?

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?

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?

H/8 Ismeretlen egyértékű fém 115 mg-ját 150 cm³ 1,00-es pH-jú sósavban oldunk. A keletkezett oldatot ezután 1,000 dm³ térfogatra hígítjuk. A hígítás és a reakció hatására az új oldat pH-ja egy egységgel tér el az eredeti 150 cm³ 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?

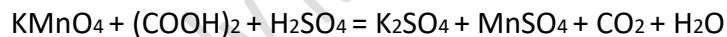
H/9 Ismeretlen tömegű tejsavból $20,0 \text{ cm}^3$ mintaoldatot készítünk. Ebből a mintaoldatból tízszeres hígítás által 200 cm^3 törzsoldatot állítunk elő. A törzsoldat $10,0\text{-}10,0 \text{ cm}^3$ térfogatát három párhuzamos mérésben $0,0805 \text{ mol/dm}^3$ töménységű nátrium-hidroxid oldattal megtitráljuk. A mérőoldat átlagos fogyása $6,211 \text{ cm}^3$.

- Milyen töménységű a törzsoldat g/dm^3 -ben kifejezve?
- Milyen töménységű a mintaoldat mol/dm^3 -ben kifejezve?
- Hány gramm tejsavból készítettünk oldatot?

Érettségi feladatok

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

$3,15$ gramm kristályvíztartalmú oxálsavat vízben oldunk. Az így kapott oldat egytizede $12,5 \text{ cm}^3$ térfogatú, $0,0800 \text{ mol/dm}^3$ 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!

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 $25,0\text{-}30,0 \text{ g/dm}^3$ koncentrációról $8,00\text{-}15,0 \text{ g/dm}^3$ -re csökken.

Egy mustminta $25,00 \text{ cm}^3$ -éből $100,0 \text{ cm}^3$ törzsoldatot készítettünk. Ennek $20,00 \text{ cm}^3$ -es részleteit $0,09897 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldattal titráltuk. Átlagosan $11,40 \text{ cm}^3$ fogyott a lúgoldatból.

Mekkora a vizsgált must savtartalma g/dm^3 -ben, ha feltételezzük, hogy a must savasságát csak a borkósav okozza?

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: $\text{AlMe(OH)(CO}_3)_2$, 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!

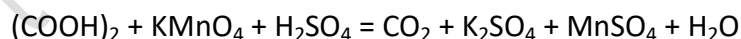
b) Írja fel a salétromsavas oldás során lejátszódó reakció rendezett egyenletét!

c) Számítással határozza meg a hatóanyag anyagmennyiségét!

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

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

A kristályvíztartalmú ammónium-oxalát pontos képletének meghatározására $1,751 \text{ g}$ kristályvíztartalmú sót 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!