



EFOP-3.4.3-16-2016-00014

TITRIMETRIÁS SZÁMÍTÁSOK ALAPJAI

Szerkesztette: Szabó Mária
SZTE MK ÉMI



EFOP-3.4.3-16-2016-00014

SZÉCHENYI 2020 

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen készült az Európai
Unió támogatásával.

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014

A jegyzetet lektorálta dr. Vidács Anita

ISBN szám: 978-963-306-660-7

1

Szegedi Tudományegyetem
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.
www.u-szeged.hu
www.szechenyi2020.hu

SZÉCHENYI 2020 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFECTETÉS A JÖVŐBE

Bevezetés és célmeghatározás

A körülöttünk lévő világ megismerésében, a lejátszódó folyamatok miértjeinek megértésében elengedhetetlen fontosságú a természettudományos alapismeretek megszerzése, és azok készségszintű használata. Ezen alapismeretek egyike a kémiatudomány.

Az élelmiszermérnöki képzés egyik meghatározó alappillére a kémia magas szintű ismerete és összefüggéseinek felismerése, hiszen több technológiai jellegű tárgy erre a tudásbázisra alapoz. A nem eléggé alapos és megfelelő tanulásmód miatt a hallgatók sok segítségre szorulnak a kötelező tárgyaik elvégzéséhez. Jelen tananyag ebben hivatott segítséget nyújtani.

Az élelmiszeripari szabványos vizsgálatok jelentős része klasszikus analitikai módszereket alkalmaz, ezek közül a titrimetria, vagyis a térfogatos analízis, kiemelt jelentőségű. Hallgatóink egy féléven keresztül laborgyakorlat keretén belül foglalkoznak ezzel a területtel. Évek óta segítjük a hallgatókat számolási szeminárium keretein belül, aminek anyagát tartalmazza ez a jegyzet.

A jegyzet megírásakor a tanulási eredmény alapú szemlélet szem előtt tartására törekedtünk. Jelen jegyzet elsajátítása után a hallgató a következő tanulási eredményekkel fog rendelkezni:

1; tudás

- Ismeri a titrimetria alapfogalmait.
- Ismeri és érti a meghatározásokhoz szükséges reakciókat.
- Ismeri és érti a sztöchiometriai számításokat és a meghatározások egyenleteiben a sztöchiometriaviszonyokat.

2; képesség

- Számítási feladatok megoldásakor alkalmazza a korábban tanult általános kémiai alapfogalmakat.

- A reakcióegyenlet ismeretében ki tudja számolni a meghatározandó komponens mennyiségét.
- Különbséget tesz a kémiai reakciók között.

3; Attitűd

- Elfogadja a szakmai segítséget.
- Hajlandó bepótolni a szakterületen fellépő hiányosságait.
- Tudományos pontosságot igényel.

4; Autonómia, felelősség

- Önállóan old meg számolási feladatokat.
- Önállóan tanul, saját hibáit javítja.

Reményeink szerint a hallgatók jelen jegyzet segítségével olyan forráshoz jutnak, ami segíteni tudja őket az egyetemi tanulmányaikban, illetve megakadályozza lemorzsolódásukat.

A jegyzetben a különböző reakciótípusok, a sztöchiometria alapösszefüggései, majd a titrimetriás meghatározási módok kerülnek tárgyalásra.

Tartalomjegyzék

Bevezetés és célmeghatározás.....	2
Tartalomjegyzék.....	4
Titrimetria.....	6
Térfogategységek átváltásai	11
Oldatok koncentráció-megadási módjai.....	13
Számolási feladatok.....	16
Anyagmennyiség.....	16
Anyagmennyiség koncentráció	19
Tömegszázalék.....	21
Mérőoldat elkészítése tömény oldat hígításával.....	23
Mérőoldat pontos koncentrációjának meghatározása.....	25
A kémiai reakciók és a sztöchiometria.....	28
A reakciók típusai.....	30
Sztöchiometriás számolások	32
Titrimetriában használatos reakciótípusok bemutatása	34
Savak és bázisok egyensúlya vizes közegben és a sav-bázis reakciók	34
Redoxireakciók.....	37
Csapadékképződéssel járó folyamatok.....	41
Komplekképződési reakciók	42
A titrimetriás meghatározások típusai.....	45
Acidi-alkalimetria.....	45
Redoximetria	50
Permanganometria.....	50
Jodometria	51
Csapadékos titrálások.....	53
Komplexometria.....	54
Titrálási számolási feladatok.....	56
Acidi-alkalimetriás számolások	56
Redoxi titrálósos számítások	59

Csapadékos titrálási számolások	62
Komplexometriás titrálási feladatok	63
Elméleti ellenőrző kérdések	64
Titrimetria.....	64
Az oldatok koncentráció-megadási módjai	64
A kémiai reakciók és a sztöchiometria.....	65
Titrimetriában használatos reakciótípusok bemutatása.....	66
A titrimetriás meghatározások típusai.....	68
Számolási feladatok megoldásai	71
Felhasznált irodalom	75

Titrimetria

Az analitikai kémia segítségével meghatározhatjuk a különféle anyagok összetételét és alkotóinak mennyiségét. Ez a képesség különösen fontos élelmiszereink minőségi vizsgálatainak esetében, a hatósági bevizsgálások alkalmával vagy akár a gyártósor egy-egy mintájának megvizsgálásakor, annak megfelelése is felderíthető.

Megkülönböztetünk klasszikus és modern analitikai módszereket is. A titrimetria az analitikai kémia klasszikus mennyiségi meghatározásra használt egyik módszere, szoktuk térfogatos analízisnek is nevezni. A modern analitikai módszerek műszeres vizsgálatokat foglalnak magukba.

A titrimetria azért jelent egy olyan fontos területet az élelmiszermérnök képzésben, hiszen sok szabványos vizsgálat alapját is valamiféle titrimetriás meghatározás adja. Így a labormunkában mindennapi gyakorlat tárgyát képezik a térfogatos analitikai vizsgálatok.

A titrálás egy olyan folyamatot jelent, amikor egy ismert koncentrációjú oldatot lassan adagolunk a meghatározni kívánt komponenst tartalmazó oldathoz, miközben folyamatosan keverjük a rendszert. A meghatározás végét az ún. indikátor színváltozása jelzi. Az indikátor egy olyan vegyület, ami egy komponens hiányát vagy többletét jelzi színváltozással. Amikor a színváltozást tapasztaljuk, a titrálást abba kell hagyni. Az indikátor például lehet olyan szerves vegyület, ami savas, illetve lúgos közegben más színű, vagy oxidált és redukált formája is eltérő szintet mutat. Az indikátorok színváltozásának kémiai oka eléggé eltérő lehet, de minden esetben egyértelmű.

Azt az oldatot, amit a meghatározandó oldathoz adagolunk, mérőoldatnak nevezzük. A mérőoldat pontos koncentrációját analitikai pontossággal kell ismerjünk. A mérőoldatot egy bürettának nevezett üveg eszköz segítségével adagoljuk. A büretta egy olyan hitelesített térfogatmérő laboreszköz, aminek segítségével

pontosan megmondható a hozzáadagolt folyadék térfogata, hiszen, amint az 1. ábra is mutatja, pontos osztásokkal látták el. Az indikátor színváltásakor a bürettáról leolvasott térfogat lesz a mérőoldat fogyása.



1. ábra: Büretta

A mennyiségi meghatározáskor az a célunk, hogy egy adott minta térfogatban bizonyos komponens mennyiségét tudjuk mérni. A mérendő komponens és a mérőoldat hatóanyaga jól ismert, gyorsan lejátszódó, jól definiált reakcióegyenlet szerint lejátszódó folyamatban reagálnak egymással, mellékreakciók lejátszódása nélkül. A mérőoldat egy felesleges cseppjének hozzáadásakor azonnal tapasztaljuk az indikátor színváltozását, ezt a pontot nevezzük ekvivalenciapontnak.

A mérőoldat koncentrációjának és az ekvivalenciaponthoz tartozó fogyásának pontos ismeretében, a reakcióegyenletet

figyelembe véve számolható a mért mintában a mérendő komponenst mennyisége.

A meghatározás során több titrálás elvégzésével párhuzamos méréseket hajtunk végre, az itt kapott fogyások átlagát fogjuk majd a mennyiségi meghatározáshoz tartozó számolásokban felhasználni.

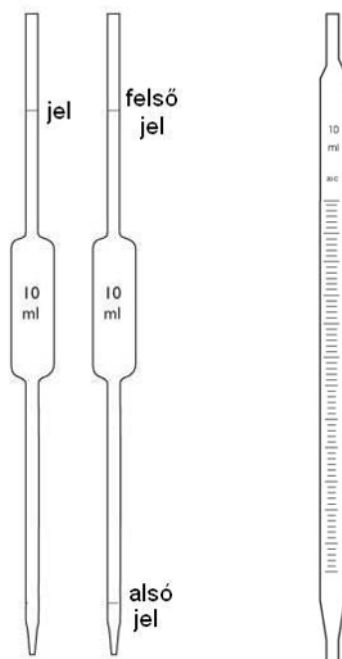
A gyakorlatban fontos ismernünk a laboratóriumban használatos térfogtmérésre alkalmas eszközöket, és ezek mérési pontosságát.

A térfogat SI¹ egysége a m³, laboratóriumi munka során azonban ennél kisebb térfogatokkal szokás dolgozni. A leggyakrabban használt térfogategységek a dm³ és a cm³.

A munka során üvegből vagy műanyagból készült laboreszközök segítségével mérhetünk térfogatot, ezek az eszközök kifolyásra vagy betöltésre hitelesítettek, ami azt jelenti, hogy 20°C-on az eszközön látható jelnél lévő folyadékszint az abból kifolyt vagy az abba betöltött folyadék térfogatát mutatja. Az előbb megismert buretta, kifolyásra hitelesített; ilyen eszközök még a pipetták (2. ábra) is. A pipetta lehet hasas vagy osztott, egyjelű (kifolyásos) és kétjelű.

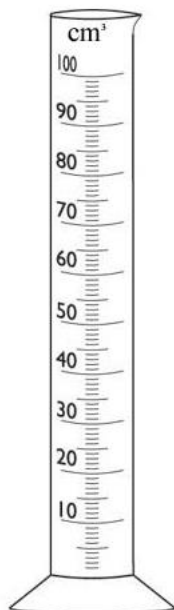
A hasas pipetták pontossága nagyobb, mint az osztott pipettáké, ezért mikor nagy pontossággal kell oldatokat kimérjünk, ezeket az eszközöket használjuk. A titrimetriás meghatározásoknál a mérendő oldatunk mennyiségét is nagy biztossággal kell ismerjünk, ezért ennek kimérésekor hasas pipettákat használunk. Az osztott pipettákkal legtöbbször csak abban az esetben dolgozunk, ha egy folyadék mennyiségét nem nagy pontossággal kell hozzáadjuk a meghatározandó oldathoz; ebben az esetben használhatunk mérőhengereket (3. ábra) is.

¹ SI: nemzetközi mértékegységrendszer

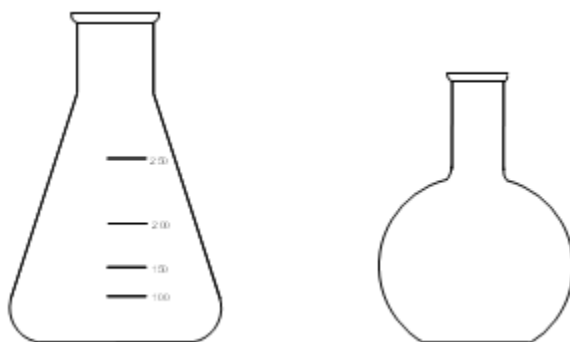


2. ábra: Pipetták, balra egy és kétjelű hasas, jobbra osztott pipetta

A mérendő oldatot egy titráló lombikba vagy Erlenmeyer-lombikba (4. ábra) pipettázzuk, hozzáadjuk az indikátort és az esetleges egyéb reagenseket, és a lombikot folyamatosan keverve adjuk hozzá lassan csepegtetve a mérőoldatot.



3. ábra: Mérőhenger



4. ábra: Erlenmeyer és titráló lombik

A titrimetriás meghatározásokhoz, ahogyan már említettem, szükséges, hogy ismerjük a mérőoldat pontos koncentrációját, és a lejátszódó folyamatot leíró reakcióegyenletet. A már korábban tanultak ismétlésével és kiegészítésével a következő fejezetekben ezek kerülnek bemutatásra.

Térfogategységek átváltásai

Alapvető hiba, hogy a gyakorlatok során gondot jelent a mértékegységek egymásba váltása. A gyakorlatban fontos az SI egységek és az alkalmazott prefixumok (pl.: milli, centi, deci, kilo) ismerete. Valamint a laborgyakorlatban használt, de nem SI egységek használata is (pl: l, dl, ml).

1. Egy mérőedényben 8 dl és 90 cm^3 térfogatú folyadék van. Az 1 literes tárolóedénybe hány ml folyadék fér még?

2. Igazak-e a következő relációk?

- $4000 \text{ cm}^3 = 40 \text{ dm}^3$
- $4,5 \text{ m}^3 < 460 \text{ dm}^3$
- $65 \text{ cm}^3 = 65000 \text{ mm}^3$
- $5 \text{ l} = 5000 \text{ cm}^3$
- $200 \text{ cm}^3 < 20 \text{ dl}$
- $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$
- $2 \text{ m}^3 > 10000 \text{ l}$

3. Hány ml-t jelentenek a következő mennyiségek?

- 17 cl
- 8 dl
- 1l
- 2 dl 6 cl
- 30 cm^3
- 4 dm^3
- $0,2 \text{ m}^3$

4. Hány cl-t jelentenek a következő mennyiségek?

- 6 dl
- 4 l
- 2 l 25 dl
- 60 ml
- 7 cm³

5. Hány l-t jelentenek a következő mennyiségek?

- 1500 ml
- 250 cl
- 98 dl
- 3 hl
- 5 dm³
- 7500 cm³

Oldatok koncentráció-megadási módjai

A titrimetriás meghatározások és számolások során az ún. anyagmennyiség koncentrációt szokás használni.

Az anyagmennyiség koncentráció megadja, hogy az oldat 1 dm³-ében hány mol² oldott anyag van. Jele: c, mértékegysége mol/dm³.

Tehát ha 1 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-hidroxidunk van, akkor annak az oldatnak 1 dm³-ében (ami egyenlő 1 l-rel vagyis 1000 cm³-rel) 1 mol nátrium-hidroxid található. Ha pedig ismert az oldott anyag anyagmennyisége, a moláris tömeg ismeretében könnyedén számolható az oldott anyag tömege is.

Amennyiben a fent említetteket képletek formájában szeretnénk felírni, a következő összefüggéseket kapjuk:

$$c = \frac{n}{V},$$

ahol c a koncentráció mol/dm³ egységben, az n az anyagmennyiség (mol) és V a térfogat (dm³).

$$n = \frac{m}{M},$$

ahol n az anyagmennyiség (mol), m a mért tömeg (g), M pedig a moláris tömeg (g/mol). A moláris tömegeket vagy a periódusos rendszerről olvassuk le elemek esetében, vagy az összegképlet alapján a periódusos rendszerben található tömegek felhasználásával számoljuk.

Például a H₂SO₄ tömegét a következőképp számolhatjuk:

- a képlet alapján 2 hidrogén, 1 kén és 4 oxigén alkotja

² mol: az anyagmennyiség mértékegysége

- az alkotó elemek moláris tömegei 1 g/mol a hidrogén, 32 g/mol a kén és 16 g/mol az oxigén
- ezek alapján a kénsav moláris tömege: $2 \cdot 1 \text{ g/mol} + 1 \cdot 32 \text{ g/mol} + 4 \cdot 16 \text{ g/mol} = 98 \text{ g/mol}$.

Ha egy adott szilárd anyagból szeretnénk oldatot készíteni, a megadott koncentrációnak és az elkészítendő oldat térfogatának ismeretében kiszámítjuk a bemérendő tömeget. A kimért szilárd anyagból az oldatkészítés szabályainak megfelelően oldatot készítünk, és meg is kaptuk a közvetlen beméréssel készített mérőoldatunkat.

A gyakorlatban gyakran előfordul, hogy folyadék halmazállapotú vegyszerek hígításával tudjuk csak elkészíteni a meghatározásunkhoz szükséges mérőoldatokat. Ilyenek például a forgalomban kapható tömény savak, amelyek koncentrációja tömegszázalék egységben van megadva.

A tömegszázalék megmutatja, hogy 100 g oldat hány g oldott anyagot tartalmaz.

Ahhoz, hogy a tömegszázalékos egységben megadott tömény oldatból hígítással tudjunk megadott koncentrációjú mérőoldatot készíteni, a tömény oldat sűrűség értékét is fel kell használjuk a számításaink során, ennek módja bemutatásra kerül a fejezethez tartozó számolási példákkal foglalkozó részben a későbbiekben.

A sűrűség lényegében megadja, hogy egy oldat egységnyi térfogatának mekkora a tömege. SI mértékegysége a kg/m^3 , gyakorlatban sokszor a g/cm^3 egységet használjuk.

A gyakorlatban való alkalmazáshoz a következő képletek szükségesek:

$$w\% = \frac{m_{\text{oldott anyag}}}{m_{\text{oldat}}} \times 100,$$

ahol a w% a tömegszázalék, amit az oldott anyag tömegének és az oldat tömegének hányadosaként kaphatunk meg.

$$\rho = \frac{m}{V},$$

ahol ρ az oldat sűrűsége g/cm^3 -ben, m az oldat tömege g-ban, V pedig az oldat térfogata cm^3 -ben.

Fontos megjegyezni, hogy a sűrűség és térfogat segítségével kiszámolt tömeg, az oldat tömegét és nem az oldott anyag tömegét fogja megadni!

Több, a laborgyakorlatban használatos koncentráció megadási mód is ismeretes, viszont a titrimetriában főleg ezek ismerete szükségeltetik, ezért a többivel érintőlegesen sem foglalkozunk.

Sok esetben a mérőadatainkat nem tudjuk pontosan ismert koncentrációban elkészíteni, mert a reagens nem áll megfelelő tisztaságban rendelkezésre. Ennek oka lehet az, hogy például higroszkópos szilárd anyagról van szó, ezért a tömegmérése nem teljesen megbízható vagy a hígításhoz használt tömény oldat koncentrációja a tárolás során változik, és nem tudjuk, hogy a hatóanyagtartalma mennyire változott meg. Ekkor az elkészített mérőoldatok pontos koncentrációját meg kell határozzuk, és a vegyszeres üvegen fel kell tüntetnünk, hogy az oldatunk tényleges/valós koncentrációja mennyiben tér el annak névleges koncentrációjától. Ennek megadása az ún. faktor segítségével történik.

$$f = \frac{c_{\text{tényleges}}}{c_{\text{névleges}}},$$

ahol f az oldat faktora, amit a tényleges és a névleges koncentráció hányadosa ad meg.

Számolási feladatok

Anyagmennyiség

1. Mekkora a tömege 1 mol nátriumnak?

Első lépésként keressük meg a nátriumot a periódusos rendszerben!

A nátrium a 11-es rendszámú elem, az első főcsoport harmadik eleme.

Ezután keressük meg az atomtömegét! (23)

A nátrium képlete Na, így moláristömege 23 g/mol.

Tehát 1 mol Na tömege 23 g.

2. Mekkora a tömege 1 mol oxigéngáznak?

Első lépésként keressük meg az oxigént a periódusos rendszerben!

Az oxigén a hatodik főcsoport első eleme, rendszáma 6.

Keressük meg az atomtömegét! (12)

Az oxigéngáz képlete O_2 , egy oxigéngáz molekulát két oxigénatom alkot, tehát 1 mol oxigéngáz 2 mol oxigénatomot tartalmaz, így ennek tömege 32 g/mol

3. Mekkora a tömege 2 mol kalcium-oxidnak?

Írjuk fel a kalcium-oxid képletét! (CaO)

A kalcium-oxidot 1 mol Ca és 1 mol O alkotja.

Keressük meg a periódusos rendszerben ezeket az elemeket és olvassuk le az atomtömegeiket! (Ca: 40, O:16)

Adjuk össze a tömegeket!

1 mol CaO tömege 56 g.

A feladat 2 mol tömegét kérdezte,

tehát a válasz 112 g.

4. Mekkora a tömege 4 mol alumínium-oxidnak?

Írjuk fel az alumínium oxid képletét! (Al_2O_3)

Az összegképlet jól mutatja, hogy 1 mol alumínium-oxid 2 mol alumínium és 3 mol oxigénatom összessége.

Keressük meg ezeket az atomokat a periódusos rendszerben, és olvassuk le az atomtömegeiket! (Al: 27, O: 16)

Szorozzuk be az atomok tömegeit az összegképletben szereplő együtthatókkal, majd számoljuk ki az összegüket! (102 g/mol)

A feladat 4 mol tömegét kérdezte, így az eredmény 408 g.

5. Számítsuk ki a következő mennyiségek tömegeit!

- 1 mol sósav
- 2 mol foszforsav
- 10 mol szén-monoxid
- 3,5 mol kalcium-hidroxid
- 8 mol nitrogéngáz
- 17 mol ózon
- 3 mol vörösfoszfór
- 2 mol nátrium-hidroxid
- 12 mol benzol
- 3 mol etil-alkohol
- 2 mol sztearinsav
- 5 mol ecetsav
- 0,5 mol foszforsav
- 10 mol szőlőcukor

6. Mi az anyagmennyisége 10 g magnéziumnak?

Keressük meg a magnéziumot a periódusos rendszerben és olvassuk le a tömegét!

A magnézium vegyjele Mg, moláris tömege 24,3 g/mol.

Az $n = \frac{m}{M}$ képlet alapján:

$$n = \frac{10 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 0,43 \text{ mol}$$

7. Számítsuk ki a következő anyagokhoz tartozó anyagmennyiségeket!

- 12 g oxigéngáz
- 25 g vas
- 60 g nitrogén-dioxid
- 954 g salétromsav
- 56 g kénsav
- 10 g trícium
- 75 g víz
- 89 g vas(III)- oxid

Anyagmennyiség koncentráció

1. Hány mol kálium-hidrogénkarbonátot tartalmaz 20 cm^3 $0,1025 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldat?

Ehhez a mólos oldat definícióját fogjuk felhasználni, miszerint az, hogy egy oldat koncentrációja $0,1025 \text{ mol/dm}^3$, azt fogja jelenteni, hogy 1 dm^3 oldat $0,1025 \text{ mol}$ oldott anyagot tartalmaz.

A 20 cm^3 ($0,020 \text{ dm}^3$) oldatban lévő oldott anyag anyagmennyiségét a következő aránypárral számolhatjuk ki:

Def: 1 dm^3 oldatban $0,1025 \text{ mol KHCO}_3$ van oldva

akkor $0,020 \text{ dm}^3$ oldatban mennyi? (ez lesz az x)

$$x = \frac{0,020 \text{ dm}^3}{1 \text{ dm}^3} * 0,1025 \text{ mol} = 2,05 * 10^{-3} \text{ mol}$$

De ha csak az elméleti részben szereplő képletbe helyettesítjük be a feladat adatait, akkor is ehhez a matematikai egyenlethez jutunk, és teljesen egyértelmű, hogy az eredményünk is ugyan ez.

2. 250 cm^3 $0,1 \text{ mol/dm}^3$ NaOH oldat elkészítéséhez hány g szilárd anyag szükséges?
3. Hány gramm KMnO_4 szükséges 2000 cm^3 1 mol/dm^3 -es KMnO_4 oldat készítéséhez?
4. Hány cm^3 $0,1 \text{ mol/dm}^3$ -es konyhasóoldat készíthető 15 g NaCl-ból?
5. 3 g NaOH-ból 500 cm^3 oldatot készítünk. Mi az oldat anyagmennyiség koncentrációja?

6. Hány mol és hány g hidrogén-kloridot tartalmaz a 650 cm^3 térfogatú, $0,36 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósav oldat?

Tömegszázalék

1. Hány g oldott anyagot tartalmaz 150 g 10 w%-os NaOH oldat?

Definíció szerint a 10 w%-os koncentráció azt jelenti, hogy 100 g oldat 10 g oldott anyagot tartalmaz.

Tehát, mivel egyenes arányosság áll fenn, a 150 g oldat 15 g oldott anyagot fog tartalmazni.

Amennyiben az aránypárt használó megoldással szemben az elméleti részben szereplő képletet és annak alkalmazását részesítjük előnyben, a következők szerint járjunk el. A feladatban szereplő adatok egyenletbe való behelyettesítése után a

$$10 = \frac{m_{\text{oldott anyag}}}{150 \text{ g}} \times 100$$

egyszerűsített egyenletet kell megoldjunk, ahhoz hogy az előzőekben kapott eredményhez jussunk.

2. Hány tömegszázalékos az az oldat, amelynek 250 g-ja 42 g oldott anyagot tartalmaz?
3. Hány tömegszázalékos cukoroldatot kapunk, ha 300 g vízben 78 g cukrot oldunk fel?
4. Hány g oldószert tartalmaz az az oldat, amelynek 300 g-jában 30 g oldott anyag van?
5. Hány % alkoholt tartalmaz az a jódtinktúra oldat, amelynek 200 g-jában 30 g jódtalálható?
6. Hogyan készítenél 500 g 18 tömegszázalékos konyasó-oldatot?

7. 200 g, 35 tömegszázalékos oldatot 150 g vízzel hígítunk. Hány tömegszázalékos lesz a keletkező oldat?
8. Összeöntünk 250 g 17 tömegszázalékos és 300 g 29 tömegszázalékos oldatot. Hány tömegszázalékos lesz a keletkező oldat?
9. Mennyi az oldat tömege, ha 75 g oldott anyagot tartalmaz, a koncentrációja pedig 12 w%?

Mérőoldat elkészítése tömény oldat hígításával

1. Hány cm^3 36 w%-os ($\rho=1,18 \text{ g/cm}^3$) sósavoldat szükséges 500 cm^3 $0,2 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldat készítéséhez?

Első lépésben számoljuk ki, hogy az elkészítendő oldat hány g oldott anyagot tartalmaz!

Ehhez a

$$n = c \times V$$

képletbe helyettesítjük be a feladatban szereplő adatokat, itt a c az elkészítendő oldat koncentrációja, a V pedig az oldat térfogata dm^3 egységben.

$$n = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \times 0,5 \text{ dm}^3$$

A számítás elvégzése után azt kapjuk, hogy az oldott anyag anyagmennyisége $0,1 \text{ mol}$.

Aminek tömege $3,65 \text{ g}$ (a tömeget a moláris tömeg és az anyagmennyiség szorzataként kapjuk meg).

Ez a $3,65 \text{ g}$ lesz az oldatunk oldott anyag tartalma, ami a 36 w%-os oldatból származik.

A tömegszázalék azt adja meg hogy az oldat tömegének hány százaléka az oldott anyag.

Tehát, ha tudjuk, hogy 36%-os az oldat és nekünk ebből az oldatból annyit kell kivenni, ami $3,65 \text{ g}$ oldott anyagot tartalmaz, akkor azt kell kiszámolnunk, hogy mi az az oldatmennyiség, aminek a $3,65 \text{ g}$ a 36%-a.

Az eredmény $10,14 \text{ g}$ tömény sósav lesz.

A kérdésben viszont a szükséges tömény sav térfogatának megadása a feladat, amit a sűrűség érték felhasználásával tudunk kiszámolni.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

A fenti összefüggéssel a sűrűség és az oldat tömegének ismeretében az oldat térfogata megkapható.

Így a térfogat: $8,6 \text{ cm}^3$.

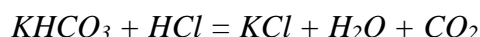
2. Hány tömegszázalékos az a kénsav oldat, amelynek sűrűsége $1,12 \text{ g/cm}^3$ és koncentrációja 2 mol/dm^3 ? (tetszőleges térfogatra számolható)
3. Mi a $9,68 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú NaOH-oldat ($\rho = 1,31 \text{ g/cm}^3$) tömegszázalékos összetételét!
4. $1,5 \text{ dm}^3$ térfogatú és $0,2 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kénsavoldatot készítünk 96 w%-os kénsavoldat felhasználásával. Mekkora tömegű, illetve térfogatú tömény kénsavoldatra van szükség, ha a tömény kénsav sűrűsége $1,263 \text{ g/cm}^3$?
5. 10 dm^3 $0,05 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú NaOH-oldat készítéséhez hány cm^3 38 tömegszázalékos NaOH-oldat szükséges? A tömény NaOH-oldat sűrűsége $1,40 \text{ g/cm}^3$.

Mérőoldat pontos koncentrációjának meghatározása

A módszer alaposabb megértéséhez szükséges reakció típus, illetve a sztöchiometria bemutatása későbbi fejezetek tárgya (viszont a gondolatmenet gördülékenysége miatt itt kell tárgyaljuk), ezért érdemes azok elolvasása után ismételt áttekinteni ezen számolásokat.

1. Határozzuk meg a $0,1 \text{ mol/dm}^3$ névleges koncentrációjú sósav oldat tényleges koncentrációját és faktorát pontosan bemért ($0,2543 \text{ g}$) szilárd kálium-hidrogénkarbonát vizes oldatának sósavval való titrálásának segítségével. A fogyások átlaga $24,54 \text{ cm}^3$.

Első lépésként fel kell írjuk a lejátszódó reakció egyenletét!



Az egyenletből azonnal látszik, hogy 1 mol KHCO_3 1 mol sósavval fog elreagálni. Az indikátorunk akkor fog színváltozással ekvivalencia pontot jelezni, amikor a bemért KHCO_3 -mal megegyező anyagmennyiségű sósavat csepegtettünk az oldathoz.

Számoljuk ki a KHCO_3 anyagmennyiségét!

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,2543 \text{ g}}{100,12 \text{ g/mol}} = 0,002540 \text{ mol}$$

Az ekvivalencia ponthoz tartozó sósav oldat térfogatában tehát a KHCO_3 anyagmennyiségével megegyező anyagmennyiségű HCl van jelen. Így ismert a sósav térfogata és anyagmennyisége, tehát koncentrációja számolható.

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0,002540 \text{ mol}}{0,02454 \text{ cm}^3} = 0,1035 \text{ mol/dm}^3$$

Tehát a sósav oldat tényleges koncentrációja $0,1035 \text{ mol/dm}^3$.

Végezetül a mérőoldat faktorát kell kiszámoljuk!

$$f = \frac{c_{\text{tényleges}}}{c_{\text{névleges}}} = \frac{0,1035 \text{ mol/dm}^3}{0,1 \text{ mol/dm}^3} = 1,035$$

Megj.: ha a mérőoldat koncentrációját nem szilárd reagens segítségével, hanem egy oldat, az ún. segédmérőoldat kis részleteinek titrálásával határozzuk meg, akkor először a segédmérőoldat kis térfogatrészletében lévő anyagmennyiséget kell kiszámolni és aztán folytatni a fenti séma alapján.

Például, ha 20 cm³ térfogatú 0,1023 mol/dm³ koncentrációjú KHCO₃ oldat segítségével határozzuk meg a sósav mérőoldat koncentrációját, akkor a KHCO₃ anyagmennyisége a következőképp számolható:

$$n = c \times V = 0,1023 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \times 0,020 \text{ dm}^3 = 0,002046 \text{ mol}$$

Amennyiben a reakcióegyenlet értelmében a reaktánsok³ nem 1:1 anyagmennyiség-arányban reagálnak, figyelembe kell vegyünk a reakció sztöchiometriáját a számolásaink során!

Abban az esetben, ha a mérőoldat névleges koncentrációja és faktora van a számolási feladatban megadva, minden esetben ki kell számolni annak tényleges koncentrációját!

2. 0,1 mol/ dm³ NaOH oldat pontos koncentrációját határozzuk meg 0,1 mol/dm³ koncentrációjú sósav oldattal, melynek faktora 1,008. A mérőoldat fogyásainak átlaga

³ reaktáns: a kémiai reakcióban résztvevő anyagok, melyeknek mennyisége a folyamat során csökken

24,43 cm³, amit 25 cm³ térfogatú minták titrálásakor kaptunk. Mi a NaOH oldat pontos koncentrációja és faktora?

- 0,1 mol/dm³ koncentrációjú kénsav oldat pontos koncentrációját határozzuk meg NaOH-os titrálással. A mérőoldat koncentrációja 0,2 mol/dm³, faktora 0,9546, fogyásainak átlaga 23,89 cm³. Ha 25 cm³ térfogatú kénsav oldat mintákat titráltunk, mi volt a kénsav oldat tényleges koncentrációja és faktora?
- Mennyi a 0,030 mol/dm³ koncentrációjú kálium-permanganát oldat pontos koncentrációja és faktora, ha fogyása 19,45 cm³ 0,1358 g pontosan bemért oxálsavra?
- Mennyi a 0,1 mol/dm³ névleges koncentrációjú nátrium-tiocianát oldat tényleges koncentrációja és faktora, ha fogyása 20,55 cm³ a 20,00 cm³ 0,01667 mol/dm³ tényleges koncentrációjú KIO₃ oldatra?
- Hány g KHCO₃-ot kell bemérnünk 0,1 M sósav-oldat faktorozásához, ha kb. 10 cm³ fogyást szeretnénk?

A kémiai reakciók és a sztöchiometria⁴

Kémiai reakciók azok a változások, amelyek során a kiindulási anyagokból kémiaileg új anyagok keletkeznek.

A kémiai reakciókat a kémiai egyenletekkel írjuk le, ahol az egymással reagáló anyagok (reaktánsok) és a keletkező termékek vegyjelei, illetve képletei szerepelnek.

A kémiai reakciók tömeg és térfogatviszonyainak változásaival a sztöchiometria foglalkozik. A sztöchiometriai egyenlet megadja, hogy milyen arányban reagálnak egymással a kiindulási anyagok és azokból milyen arányban keletkeznek végtermékek. A kémiai egyenlet rendezése alatt azt a műveletet értjük, amikor a reagáló anyagokhoz ún. sztöchiometriai együtthatókat rendelünk, amelyek megmondják, hogy az adott reakcióban milyen arányban reagálnak az anyagok, és milyen arányban keletkeznek belőlük termékek.

A kémiai egyenletírás szabályai

- 1. a reaktánsok a bal, a termékek a jobb oldalon vannak
- 2. tömegmegmaradás, elemek kémiai reakciókban való átalakíthatatlansága: az egyenlet két oldalán az egyes atomok száma, így a két oldal tömege megegyezik
- 3. a reakcióban szereplő anyagok képletét figyelembe kell venni (pl. az anyagmegmaradás szerint helyes az $N_2+H_2=2NH$, NH nem, csak NH_3 a stabil)
- 4. töltésmegmaradás (ionegyenleteknél kell rá odafigyelni)

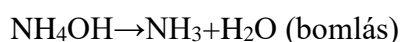
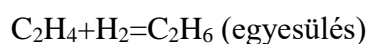
⁴ A fejezet bizonyos részei a KÉMIA- Felzárkóztató tananyag élelmiszertudomány szakterületen tanulmányokat folytató hallgatók részére c. jegyzetből változtatás nélkül kerültek felhasználásra

- 5. a kémia törvényszerűségeit figyelembe kell venni, pl. bizonyos reakciók nem mennek végbe, bár az egyenlet formálisan felírható
- 6. egyenlőségjel azt fejezi ki, hogy az anyagok egymással maradék nélkül reagálnak; a nyíl, hogy a reakció során a reaktánsokból termékek képződnek; a kettős nyíl pedig az egyensúlyra vezető reakciókat jelöli.

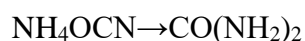
A reakciók típusai

A reakciókat többféleképpen csoportosíthatjuk.

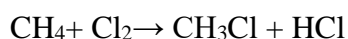
Lehetnek egyirányúak, ekkor a reakcióegyenletnek megfelelően a reaktánsok átalakulnak termékekké. Vagy lehetnek megfordíthatók, ilyenkor a termékek is vissza tudnak alakulni reaktánsokká. Egyensúlyi reakciók esetében a reaktánsok termékké alakulása, illetve a termékek visszaalakulása ugyanolyan sebességgel játszódik le, így a rendszerünk állandónak látszik a külső szemlélő szemszögéből. A reakcióban résztvevő anyagok szerinti csoportosítás: Egyesülés (addíció), amikor a reakció során két vagy több anyagból egy új anyag, bomláskor, amikor egy anyagból két vagy több új anyag keletkezik. Ha a bomlás során keletkező termékek aztán újra egyesülve a kiindulási anyagot adják, akkor bomlás helyett disszociációról beszélünk. Az etilén hidrogénnel egyesülve etánt ad, míg az ammónium-hidroxid ammóniára és vízre bomlik.



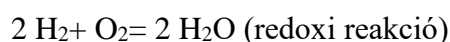
Ha az anyag összetételében nem változik, de a szerkezete átalakul, izomerizációról beszélünk. Például ammónium-cianid átrendeződve karbamidot ad.



Ha a kiindulási molekula egy atomja vagy atomcsoportja egy másik atomra vagy atomcsoportra kicserélődik, szubsztitúcióról beszélünk, például a metán egyik hidrogénje a klórmolekula egyik klóratomjával cserélődik ki, miközben klórmetán és hidrogén-klorid keletkezik.



A reakció során lejátszódó részecskeátmenet jellege szerint beszélhetünk redoxi (elektronátmenet) és sav-bázis (protonátmenet) reakciókról. Ezeket a későbbiekben részletesen tárgyaljuk.





A reakciók termodinamikai⁵ jellege alapján beszélhetünk endoterm és exoterm folyamatokról.

A reakciók időbeli lefolyásuk alapján lehetnek pillanatszerűek (pl. egy robbanás) vagy időreakciók (hosszabb időt igénylő, pl. rozsdásodás).

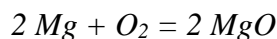
A keletkező termékek milyensége alapján beszélhetünk gázfejlesztő vagy csapadékképzési reakciókról.

⁵ termodinamika: a kémiai reakciók energiaviszonyaival foglalkozó tudományterület

Sztöchiometriás számolások

1. Állítsunk elő magnézium-oxidot magnézium (Mg) elégetésével. Számoljuk ki, hány gramm magnézium szükséges 10 g magnézium-oxid előállításához!

Első lépésként fel kell írjuk a feladatban szereplő reakció egyenletét és rendezniük kell azt!



A reakcióegyenlet alapján látjuk, hogy 2 mol magnézium 1 mol oxigéngázzal reagálva 2 mol magnézium-oxidot termel.

A moláris tömegek ismeretében, a kiindulási magnézium mennyisége számolható.

$$M_{\text{Mg}} = 24 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{MgO}} = 40 \text{ g/mol}$$

	2 Mg	+ O ₂	= 2 MgO
anyagmennyiség	2 mol	1 mol	2 mol
tömeg ($m=n \cdot M$)	2 mol · 24 g/mol = 48 g	32g	2 mol · 40 g/mol = 80g
feladat	x g		10 g

A keresett mennyiség a következőképpen számolható:

$$x = 48\text{g} \cdot \frac{10 \text{ g}}{80 \text{ g}}$$

A számítást elvégezve megkapjuk, hogy x értéke 6 g.

Tehát 6 g magnézium elreagáltatásával kapunk 10 g MgO-ot.

2. 15 g szén tökéletes égése során hány g szén-dioxid keletkezik és hány mol oxigéngáz használódik el?

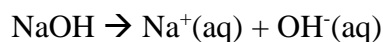
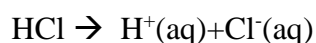
3. 65 g szén-dioxid hány mol szőlőcukrot ad a fotoszintézis során?
4. Mekkora anyagmennyiségű víz keletkezik 55 g hidrogén gáz durranógázként való felrobbanásakor?
5. Mekkora tömegű ezüst-klorid csapadék tud leválni a 20 cm^3 $0,55 \text{ mol/dm}^3$ NaCl oldatból?
6. Ha egy mol hidrogén gáz térfogata adott körülmények között $22,41 \text{ dm}^3$, mekkora térfogatú gáz keletkezik 77 g cink sósavval történő reakciója során?
7. Mikor keletkezik nagyobb mennyiségű szén-dioxid? Ha 50 g benzolt vagy ha 100 g szőlőcukrot égetünk el?
8. Hány g NaOH-ot kell hozzáadjunk 350 cm^3 $2,15 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósav oldathoz, hogy a reakció lezajlódása után csak víz és konyhasó maradjon a rendszerben?

Titrimetriában használatos reakciótípusok bemutatása⁶

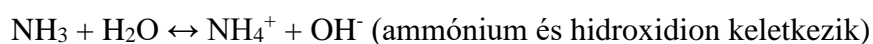
Az előbb felsorolt reakció fajták közül a titrimetriában, vagyis térfogatós analízisben, a gyakorlatban is fontosak a sav-bázis, a redoxi reakciók, valamint a csapadék- és komplexképződési folyamatok.

Savak és bázisok egyensúlya vizes közegben és a sav-bázis reakciók

Az Arrhenius-féle elmélet szerint a savak olyan anyagok, amelyek hidrogénionra (és anionra), a bázisok pedig hidroxidionra (és kationra) disszociálnak vizes oldatban. Például:



Ennél szélesebb körben alkalmazható elmélet a Brönsted-Lowry-féle megfogalmazás, miszerint a savak proton leadásra (pl. sósav), a bázisok proton felvételére képes anyagok (pl. ammónia). A Brönsted-féle sav-bázis fogalom magába foglalja az arrheniusi savakat és bázisokat is, illetve magyarázza az egyes ionok sav-bázis tulajdonságait, valamint a nem vizes közegben lejátszódó sav-bázis reakciókat is.

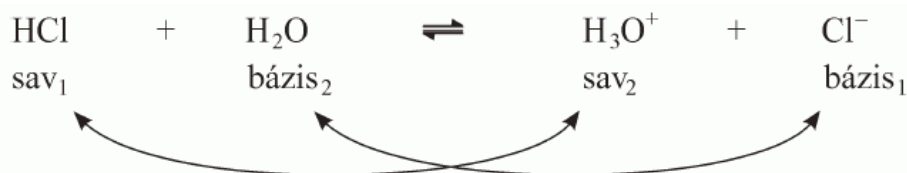


Egy adott anyag csak akkor nevezhető savnak vagy bázisnak, ha ismerjük a partnerét, csak valamihez viszonyítva lehet sav vagy bázis. A leadott proton szabadon nem létezhet, így egy

⁶ A fejezet bizonyos részei a KÉMIA- Felzárkóztató tananyag élelmiszertudomány szakterületen tanulmányokat folytató hallgatók részére c. jegyzetből változtatás nélkül kerültek felhasználásra

anyag csak akkor tud savként viselkedni, ha van mellette egy másik anyag, amelyik képes megkötni a protont.

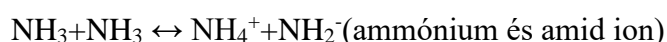
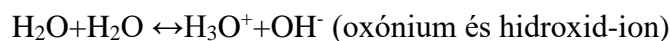
Egy reakcióban (5. ábra) savként viselkedő anyag (pl. HCl) olyan részecskévé (Cl^-) alakul, amely a mellette feltüntetett reakciópartnernek (H_3O^+) a protonját képes felvenni, vagyis bázis.



5. ábra: A HCl és víz reakciója

Az ilyen típusú reakciókban ún. konjugált sav-bázis párok vannak jelen, ezeket egy-egy alsó indexben jelzett számmal különböztetjük meg. A hidrogén-klorid konjugált sav-bázis párja a kloridion, a vízmolekulának az oxóniumion.

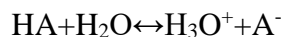
Vannak olyan anyagok, amelyek proton leadásra és felvételre is képesek, ezeket amfoter anyagoknak nevezzük. Ilyen anyagok például a víz vagy az ammónia. Az ekkor lejátszódó protolitikus reakció⁷ az autoprotolízis.



Azok az savak, amelyek könnyen adják át a protonjaikat és híg vizes oldatban disszociációjuk teljes, erős savak. Azok a bázisok, amik könnyen protonálódnak, és híg vizes oldatban teljes a disszociációjuk, erős bázisok.

⁷ protolitikus reakció: protonátmenettel járó reakció

A protolitikus reakciók is egyensúlyi reakciók. Így felírható a reakciók egyensúlyi állandója is. Például egy HA általános képletű sav vízzel való reakciójára:



$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{H}_2\text{O}][\text{HA}]}$$

Mivel a víz koncentrációja a savak híg oldatában sokkal nagyobb, mint az ionok vagy a sav koncentrációja, és csak igen kis mértékben változik a protolitikus folyamatban, állandónak tekinthetjük. Ezért a víz egyensúlyi koncentrációját bevonhatjuk az egyensúlyi állandóba, és így a savi disszociációs állandót kapjuk.

$$K_s = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{HA}]}$$

Bázisok esetében, B általános képlettel jelölt bázis esetén, K_b bázisállandó írható fel:

$$K_b = \frac{[\text{HB}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

Ha a K_s vagy K_b értéke nagy erős savakról (pl. HCl) és erős bázisokról (pl. NaOH) beszélünk, amikor az állandók értéke kicsi szám, a disszociáció nem lesz teljes, ilyenkor gyenge savakról (pl. H_2CO_3) és gyenge bázisokról (NH_3) beszélünk. A disszociáció mértékét a disszociáció fok adja meg. Jele α , értéke 0 és 1 között lehet, ahol az egy a teljes disszociációt jelenti.

Redoxireakciók

Redoxifolyamatoknak vagy redoxireakcióknak az oxidációs szám változással járó kémiai reakciók. Ilyenkor az egyik partner elektront ad le, amit a másik felvesz.

Az elektront leadó reaktáns oxidálódik, eközben nő az oxidációs száma. Az elektront felvevő reaktáns redukálódik, oxidációs száma csökken.

Az a reakciópartner, amelyik oxidálódott, miközben elektront vett fel, a vele reagáló reaktánst redukálta, tehát redukálószerként viselkedett. Ugyanígy a redukálódott partner, az oxidálószer szerepét töltötte be.

Az oxidációs szám az elemi állapothoz viszonyított oxidációs állapotot mutatja meg, nem más, mint egy tényleges vagy fiktív töltés.

- Az elemek oxidációs száma mindig 0.
- Az ionok (egyszerű ionok, pl. fémionok, oxidionok stb.) oxidációs száma megegyezik a töltéssel. A Na^+ oxidációs száma +1, azaz ennyivel oxidáltabb az ion az elemi állapothoz képest (egyel kevesebb elektronja van, mint a semleges atomnak).
- Kovalens vegyületeknél a kötést létesítő elektronpár(oka)t képzeletben a nagyobb elektronegativitású atomhoz rendeljük, és az így kialakult fiktív ionok töltését tekintjük az adott atom oxidációs számának. Így például a víz molekulában az O^{2-} és H^+ ionok töltése alapján az oxigénnek -2, a hidrogénnek +1 az oxidációs száma.

Az oxidációs számok a redoxireakciók rendezésekor (vagyis a sztöchiometriai viszonyok feltérképezésekor) nagy segítséget nyújtanak.

A redoxi reakcióban az oxidáció és a redukció mértéke meg kell egyezzen, vagyis az elektron leadás és az elektron felvétel mértéke is egyenlő kell legyen.

Az oxidációs számok megállapításának szabályai:

- az elemek (és a két vagy többatomos molekulák) oxidációs

száma, ahogy már korábban is említettük mindig nulla (pl. a Fe, Ne, O₂, O₃, P₄ és S₈ minden atomja 0 oxidációs számú),

- a fluor vegyületeiben mindig -1-es oxidációs számmal rendelkezik
- vegyületeikben az alkálifémek és az ezüst mindig +1-es oxidációs állapotú
- az alkáliföldfémek és a cink +2-es oxidációs számú
- alumínium vegyületeiben mindig +3
- a hidrogén nemfémekkel alkotott kovalens vegyületeiben általában +1-es oxidációs állapotú, viszont a fémekkel alkotott hidridekben -1 az oxidációs
- az oxigén vegyületeiben legtöbbször -2-es oxidációs számú, de a peroxidokban -1, a szuperoxidokban -0,5
- a semleges vegyületekben az alkotó atomok oxidációs számának összege nulla
- az egyszerű ionok oxidációs száma megegyezik a töltéssel, az összetett ionokban az oxidációs számok összege egyenlő az ion töltésével.

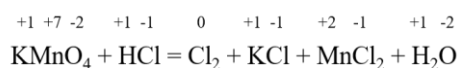
A redoxireakció egyenletének rendezési lépései:

- megállapítjuk az atomok oxidációs számát az egyenletben feltüntetett összes anyagban,
- kijelöljük az oxidációszám-változásokat (legalább egy anyagnak növekszik, illetve legalább egynek csökken az oxidációs száma),
- a sztöchiometriai együtthatók módosításával elérjük, hogy az oxidációs szám-csökkenés és növekedés értéke megegyezzen,
- az egyenletben szereplő többi anyag sztöchiometriai számának változtatásával elérjük, hogy az egyenlet a tömeg-, és atommegmaradás (ionegyenlet esetében a töltésmegmaradás) törvényének is megfeleljen.

Például nézzük a kálium-permanganát és a sósav reakcióját. Írjuk fel bal oldalra a reagáló, jobb oldalra pedig a keletkező anyagok képleteit.

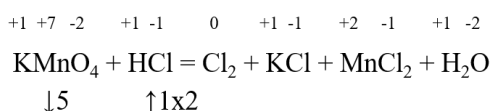


Majd a fent leírt szabályok alapján minden atom fölé írjuk oda a hozzájuk tartozó oxidációs számot.



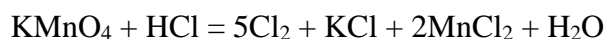
Az oxidációs számok felírása után kiderül, hogy a mangán oxidációs száma +7-ről +2-re csökkent, a klór oxidációs száma pedig -1-ről 0-ra nőtt. Tehát a mangán 5 elektront vett fel, vagyis redukálódott, miközben a klór elektron leadása mellett oxidálódott.

Jelöljük nyilakkal a leadott (↓) és felvett (↑) elektronok számát az egyenlet bal oldalán:



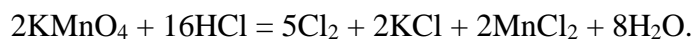
A kloridion elektronfelvételénél azért szerepel a kettes szorzó, mert a kétatomos klór molekula keletkezéséhez két klóratom kell elektront felvegyen, tehát egy kételektronos változásnak kell történnie. Tehát jelenleg van egy 5-ös és egy 2-es elektronszámváltozással járó folyamatunk. Hogy a reakciónk elektronszám növekedésének és csökkenésének mértéke megegyezzen, meg kell találnunk a két részfolyamat elektronszámváltozásainak legkisebb közös többszörösét. Ebben az esetben ez a szám a 10 lesz.

Az egyenlet jobb oldalára a megfelelő képletek elé írunk olyan sztöchiometriai együtthatót, amivel elérjük, hogy a felvett és a leadott elektronok száma is 10 legyen, vagyis a klór molekula elé 5-öt, a mangán-klorid elé pedig 2-öt.



Ezek után a tömegmegmaradás törvényét alkalmazva rendezzük az egyenletet. Elsőként a Mn atomok számát egyenlítjük

ki az egyenlet mindkét oldalán, majd folytatjuk a K, Cl atomokéval, végül a H atomok számát ellenőrizzük. Az egyenletrendezés akkor tekinthető helyesnek, ha az oxigénatomok száma is megegyezik az egyenlet mindkét oldalán. A rendezett egyenlet a következőképpen alakul:



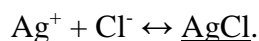
Csapadékképződéssel járó folyamatok

Csapadékképződési reakcióknak nevezzük az olyan a kémiai átalakulásokat, amikor vizes oldatok összeöntésekor a lejátszódó reakció eredményeként vízben rosszul oldódó szilárd anyag válik ki. Egyensúlyi folyamatok, a heterogén egyensúlyok közé sorolhatók.

Például ilyen reakció a sósav és az ezüst-nitrát oldat reakciója:



A reakció egyszerűbben is felírható az ún. ionegyenlet segítségével, ami csak a csapadékképződési reakció során egymással reagáló ionokat tünteti fel:



Az ionegyenletre is érvényesek a megmaradási törvények.

A tömeg- és atom megmaradás törvényén kívül a töltés megmaradás törvényét is figyelembe kell venni az egyenlet rendezésekor. Az egyenlet két oldalán szereplő töltések összegének is meg kell egyeznie.

A csapadék képződésével járó folyamatok sokszor a csapadék képződésének irányába vannak eltolva. A keletkező csapadékok oldhatósága változó lehet, viszont mindegyik esetben egyensúly áll fenn az oldott só és az oldhatatlan csapadék között. Az ún. oldhatatlan csapadékok is, igen kis mértékben ugyan, de oldódnak a csapadék felett lévő folyadékban.

Komplekképződési reakciók

A komplex vegyületek szervetlen és szerves vegyületek biológiai szempontból egyik legfontosabb csoportját alkotják.

Komplex vegyületeknek azokat a vegyületeket nevezzük, melyekben egy központi fémionhoz (ritkábban fématomhoz) koordinációs kötessel⁸ két vagy több ion, vagy molekula kapcsolódik. A központi atom vagy ion vegyértékhéjának üres pályái és más molekulák vagy ionok nemkötő elektronpárjai hoznak létre kötést.

Ezekben az összetett vegyületekben (ionokban) tehát megkülönböztethetők a központi fémionok (fématomok) és az azokhoz kapcsolódó ionok vagy molekulák, az ún. ligandumok.

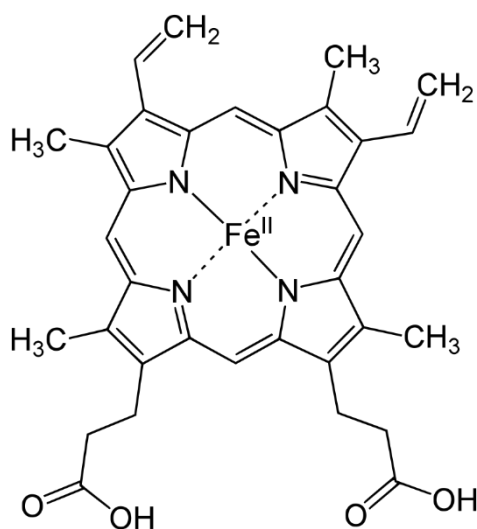
Ilyen típusú vegyület a vérben található hemoglobin ún. hem magja is, amit a 6. ábra mutat.

Ahogy a hem mag szerkezetét bemutató ábrán jól látszik a központi fémion a Fe^{2+} , amihez a porfirin nitrogénjei kapcsolódnak koordinatív kötések kialakításával.

A ligandumok lehetnek egy-, két-, vagy többfogú ligandumok, ez azt jelenti, hogy hány koordinatív kötés kialakítására képes az adott ligandum. Az előbbi példában szereplő porfirin tehát többfogú ligandum. A többfogú ligandumok ún. kelátkomplexeket alkotnak.

A kapcsolódó ligandumok száma a koordinációs szám. A koordinációs szám alapján a komplex térbeli alakjára tudunk következtetni. A 7. ábrán erre látunk példákat:

⁸ koordinációs kötés: másnéven datív kötés, olyan kovalens kötés, amikor a kötésben résztvevő elektronpárt csak az egyik atom/molekula/ion adja



6. ábra: A hem szerkezete

Koordinációs szám	Térszerkezet	Példa
2	$\text{---M}^{n+}\text{---}$ lineáris	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
3	---M^{n+} (trigonális)	$[\text{HgI}_3]^-$
	---M^{n+} (T alakú)	$[\text{Rh}(\text{PPh}_3)_3]^+$
4	---M^{n+} (siknégyzetes)	$[\text{PtCl}_4]^{2-}$
	---M^{n+} (tetraédres)	$[\text{Ni}(\text{CO})_4]$
5	---M^{n+} (trigonális bipiramis)	$[\text{Fe}(\text{CO})_5]$
	---M^{n+} (négyzetes piramis)	$[\text{VO}(\text{acac}^+)_2]$
6	---M^{n+} (oktaédres)	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$

7. ábra: A koordinációs szám és a térszerkezet összefüggése

A komplexképződés sok esetben színváltozással járó folyamat, ezért gyakran használjuk az ilyen típusú

reakciókat minőségi analitikai kimutatásoknál, kémcsőreakciók formájában.

Például a Fe^{3+} ionokat tartalmazó oldatban tiocianát-ionok jelenlétében jellegzetes vöröses színű komplex vegyület keletkezik, a vas-tiocianát, amit a következő kép mutat.



8. ábra: A vas-tiocianát képződése

A titrimetriás meghatározások típusai

Acidi-alkalimetria

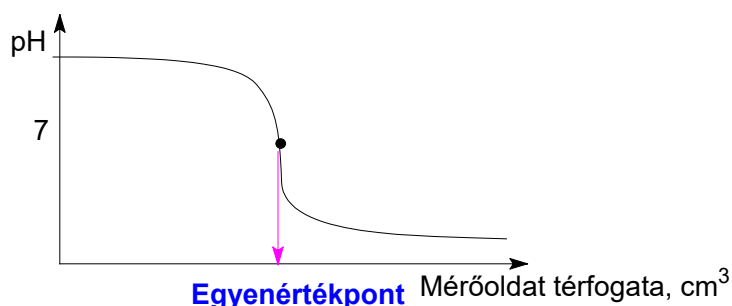
Az acidi-alkalimetria vagy más néven sav-bázis titrálások során erős savak vagy bázisok, valamint gyenge savak vagy bázisok mennyiségi meghatározását végezzük. Vizes közegben lúgok meghatározásánál a mérőoldat általában sósav, míg savak mérésekor nátrium-hidroxid oldat.

A lejátszódó reakció lényege minden esetben a következő:



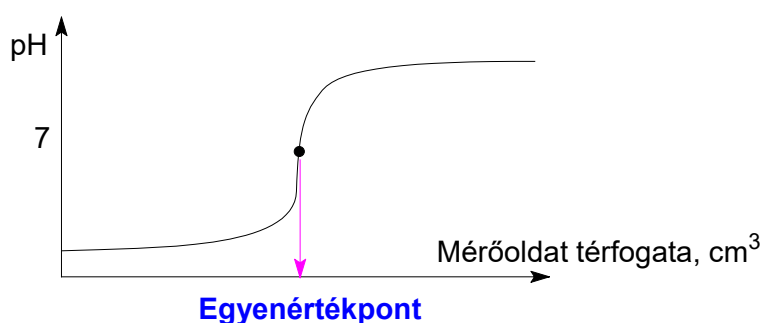
A reakció lejátszódásakor az oldat pH-ja folyamatosan változik, az ekvivalenciapontban ez a változás ugrásszerű. Ez a változás az ún. titrálási görbével szemléltethető.

Ha a mérőoldat erős sav, a meghatározandó anyag erős bázis, a keletkező só semlegesén hidrolizál, így az ekvivalenciapont (egyenértékpont) pH=7-nél van (9. ábra). A titrálás során lúgos kiindulási állapotból savas közegbe csap át az oldat kémhatása.



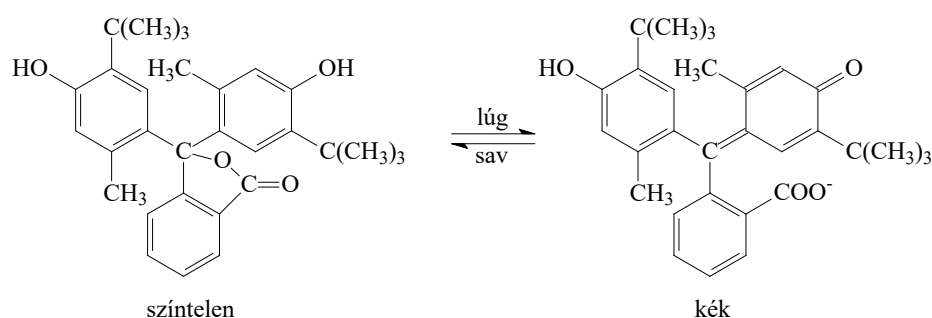
9. ábra: Erős savval meghatározott erős lúg titrálási görbéje

Amennyiben a mérőoldat erős bázis, a meghatározandó anyag erős sav, az előző eset fordítottja tapasztalható a titrálási görbén (10. ábra), viszont a titrálás végpontja ebben az esetben is pH=7-nél van.



10. ábra: Erős lúggal meghatározott erős sav titrálási görbéje

A sav-bázis titrálások végpontjelzése sav bázis indikátorokkal történik. Az indikátorok olyan gyenge savak vagy gyenge bázisok, amelyek protonált és deprotonált alakja eltérő színű és szerkezetű. A 11. ábra ezt mutatja be a timolftalein nevű indikátor esetében. A sav, illetve a lúg hatására bekövetkező színváltozás rendszerint a molekula belső átrendeződésének a következménye.



11. ábra: A timolftalein indikátor különböző protonáltsági állapotának eltérő szerkezete

Az indikátor színváltozását átcsapásnak nevezzük.

Erős sav oldat H^+ -ion koncentrációja nagy (pH értéke kicsi, $pH = -\lg [H^+]$). Ha a savat erős lúggal titráljuk, akkor az oldat H^+ -ion koncentrációja csökken (ennek megfelelően a pH értéke nő). A savval éppen ekvivalens mennyiségű lúg hozzáadásakor az oldat sem szabad savat, sem szabad lúgot nem tartalmaz, ezt az állapotot nevezzük ekvivalenciapontnak. Az oldat H^+ -ion

koncentrációja éppen akkora lesz, mint a tiszta vízé ($\text{pH} = 7,00$). Az erős sav ekvivalencia pontja éppen a $\text{pH}=7,00$ értéknél van. Ha a megtrálandó erős savhoz olyan indikátort adunk, amely színét éppen a semleges pontban ($\text{pH} = 7,00$) változtatja, akkor ez a titrálás végpontját pontosan jelzi. A gyakorlatban kevés olyan indikátor akad, amelynek átcsapása éppen 7-es pH értékre esik.

Az indikátorok legnagyobb része vagy a savanyú tartományban ($\text{pH} < 7$) vagy a lúgos tartományban ($\text{pH} > 7,00$) változtatja a színét, jellemzésükre két adat szolgál. Ezek az indikátor átcsapási pontja és az indikátor átcsapási tartománya.

Az indikátor átcsapási pontja az a pH érték, amelynél az indikátor savas és lúgos formája egyenlő koncentrációban van jelen.

Indikátor átcsapási tartomány az a pH tartomány, ahol az indikátor színt vált, ilyenkor az átcsapás nem köthető konkrét pH értékhez.

A leggyakrabban használt sav bázis indikátorokat a következő táblázat mutatja be:

Indikátor	Átcsapási tartomány, pH	Indikátor színe		
		Lúgos	Savas	Átmeneti
Metil-narancs	3,0-4,4	Sárga	Vörös	Narancssárga
Fenolftalein	8,2-10,0	Piros	Színtelen	Rózsaszín
metil-vörös metilén-kék	5,3-5,5	Smaragdzöld	Lila	Piszkos kék

Metil-narancs indikátor: erős vagy gyenge bázisok és erős savak titrálásánál alkalmazzuk. Gyenge savakra nem érzékeny, így a szénsav alig zavarja. 0,1 m/m %-os vizes oldatát használjuk.

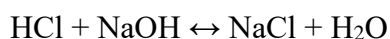
Fenolftalein indikátor: erős és gyenge savak, valamint erős bázisok titrálásánál

használjuk. Lúgok titrálásánál a levegő széndioxidját távol kell tartani. 1 m/V %-os etanolos oldatát használjuk.

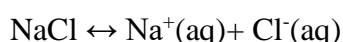
Metil-vörös és metilén-kék keverék indikátor: a keverék 0,2 %-os alkoholos metil- vörös oldat és 0,1 %-os alkoholos metilén-kék oldat egyenlő arányú keveréke. Az indikátor széndioxid érzékenysége miatt ajánlatos a titrálást a felforralt és újra lehűlt oldattal befejezni. Az indikátor erős savak és erős, valamint gyenge lúgok titrálására alkalmas. Az indikátort a fehérje meghatározásoknál széles körben alkalmazzák.

Erős savak és erős bázisok közömbösítésénél a titrálás végpontját akkor érzük el, amikor az oldatban a H^+ -ion koncentrációja egyenlővé válik a OH^- -ionok koncentrációjával ($pH = 7$). hiszen ilyenkor a keletkező só semlegesén hidrolizál.

A titrálás során lejátszódó reakció egyenlete:

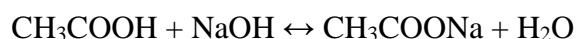


A keletkező só hidrolízise:



Ha gyenge savat erős bázissal titrálunk, akkor a keletkező gyenge sav erős bázissal alkotott só hidrolízise miatt az oldat lúgos kémhatású lesz. (Gyenge bázis és erős sav esetében az ekvivalenciapont kémhatása, ugyanezen megfontolás alapján savas lesz)

A titrálás során lejátszódó reakció egyenlete:



A keletkező só hidrolízise:



Az acidi-alkalimetriás titrálások célja nem az oldat semlegesítése (a 7-es pH elérése), hanem az ekvivalenciapont megállapítása.

Nyilvánvaló, hogy pl. az ecetsavnak a nátrium-hidroxiddal történő közömbösítése során akkor érzük el az

ekvivalenciapontot, amikor az oldat kémhatása a keletkező nátrium-acetát oldat kémhatásával lesz azonos.

A reakció végpontját jelző indikátort úgy kell megválasztanunk, hogy annak átcsapási tartománya az ekvivalenciapont közelébe, vagyis a titrálási görbe ugrásszerű változáshoz tartozó szakaszába essen.

Redoximetria

A titrimetriás meghatározás alapját redoxi-reakció adja.

Oxidimetriáról beszélünk, ha a mérőoldat hatóanyaga oxidálószer a meghatározandó komponensnek. A mérőoldat hatóanyaga alapján megkülönböztetünk:

- permanganometria: mérőoldata a kálium-permanganát
- kromatometria: mérőoldata a kálium-dikromát
- bromatometria: mérőoldata a kálium bromát

Reduktometriáról beszélünk, amikor a mérőoldat hatóanyaga oxidálódik a meghatározás során, például aszkorbinometria vagy titanometriai.

Előfordulhat egy hatóanyag egyik reakciópartnerrel szemben oxidálószerként, más reakciópartnerrel szemben redukálószerként viselkedik. Ebbe a csoportba tartozik a jodometria. Gyakorlati jelentőséggel permanganometria és a jodometria bír.

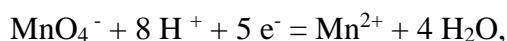
A redoxititrálások végpont jelzéséhez találhatók olyan színes, reverzibilis (megfordítható) redoxirendszerek, úgynevezett redoxi indikátorok, amelyek oxidált és redukált formában más színt mutatnak.

Indikátor	Redukált forma	Oxidált forma
Difenilamin	Színtelen	ibolyáskék
Ferrouin	Vörös	gyenge kék

Permanganometria

A permanganometria a redoxititrimetria egyik fajtája, mérőoldata a KMnO_4 oldat.

A KMnO_4 erősen savanyú közegben erőteljesen oxidál, miközben a Mn(VII) Mn(II) -vé redukálódik. A redukció lényege:



A kálium-permanganáttal való titrálásnál nem használunk külön indikátort, mert a mérőoldat 1 csepp feleslege felismerhető az oldat halvány ibolya színéről. Savanyításra csak H_2SO_4 használható, mert HCl esetében a kálium-permanganátból Cl_2 fejlődne, míg HNO_3 alkalmazásánál a HNO_3 oxidálna és nem a kálium-permanganát.

A kálium-permanganát ibolya színe sötét, ezért a bürettában a meniszkusz alsó pontját lehet egyértelműen megállapítani, ezért a folyadéknívó felső határát olvassuk le.

Jodometria

A jodometria sokoldalúsága egyrészt az elemi jód oxidáló hatásán, másrészt a jodidion redukáló képességén alapszik.

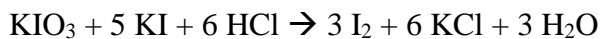
Redukáló anyagok az elemi jódnak elektronokat adnak át, miközben jodidion keletkezik:

Erősen oxidáló anyagok semleges, vagy savanyú közegben a jodidionoktól elektronokat vesznek át, és elemi jódot tesznek szabaddá.

Redukáló anyagokat ismert koncentrációjú I_2 oldattal titrálunk. Az eredetileg barna színű jód oldat (ami KI -os I_2 oldat) a titrálás folyamán elszíntelenedik és a reakció végpontját arról ismerhetjük fel, hogy kis feleslegétől az oldat borsárga színű lesz.

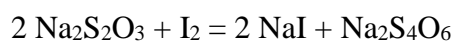
A végpont érzékenyebbé tehető keményítő alkalmazásával, ahol a jód-keményítő komplex (a jód beépül a keményítő α -hélixébe) jellegzetes kék színének megjelenése mutatja a titrálás végpontját (ekvivalenciapontját). Jodometriás titrálások végpontjának a jelzésére jól alkalmazhatók, olyan vízzel nem elegyedő szerves oldószerek is, amelyek oxigént nem tartalmaznak (kloroform, szén-tetraklorid, benzol, petroléter). Ezekben a jód vöröses-ibolya színnel oldódik.

Oxidáló anyagokat úgy határozzuk meg, hogy KI-ot vagy NaI-ot adunk az oldathoz, amikor is az oxidáló anyaggal ekvivalens mennyiségű I₂ válik szabaddá.



Az elemi jód meghatározására Na₂S₂O₃ oldatot használunk.

A nátrium-tioszulfát semleges vagy savas közegben a következő egyenlet szerint reagál az elemi jóddal:



Csapadékos titrálások

A csapadékos térfogatós módszereknél a meghatározandó komponenst olyan mérőoldattal titráljuk, amely csapadékképződéssel reagál. A csapadék teljes leválasztásához szükséges mérőoldat térfogatából következtetünk a meghatározandó alkotórész mennyiségére.

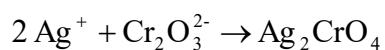
Térfogatós meghatározásra csak azok a csapadékos reakciók alkalmasak, amelyeknél a csapadék összetétele jól definiált, a reakció elég gyors, a kiváló csapadék oldhatósága kicsi, a reakció végpontja észlelhető.

A csapadékos titrálás végpontjelzésére olyan csapadékképző indikátort használunk, amely a mérőoldattal rosszul oldódó, színes csapadékot képez, viszont ennek oldhatósága nagyobb, mint a meghatározandó anyag által képzett csapadéknak.

Az indikátor szintén csapadékot képez a mérőoldattal, de csak az ekvivalencia után válik le, színe így csak a végpont után válik észlelhetővé.

Például ezüst-nitrát mérőoldattal (argentometria) való kloridion meghatározás esetében a kálium-kromát (K_2CrO_4).

A kromátionok az $AgNO_3$ mérőoldat Ag^+ -ionjaival rosszul oldódó, vörösbarna csapadékot képeznek:

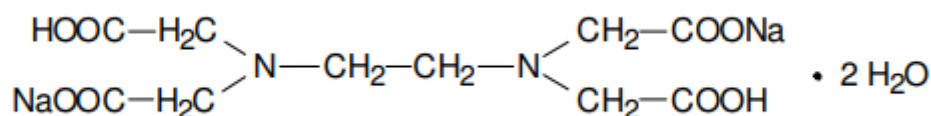


Az argentometria a leggyakrabban alkalmazott csapadékos titrálás, mérőoldata az ezüst-nitrát.

Komplexometria

A komplexometria alapjául a komplexképződési folyamatok szolgálnak. A fémionok mennyiségi meghatározására alkalmazható.

Fémionok mennyiségi meghatározására olyan többfunkciós ligandumokat (ún. kelátképző anyagokat) használunk, amelyek egy molekulája a fémion összes koordinációs helyének betöltésére elegendő számú és alkalmas donor atomot tartalmaz. Így nagy stabilitású, sztöchiometrikus összetételű fémkomplexek egy lépésben is nagy sebességgel alakulnak ki. Komplexometriás meghatározásokhoz az etilén-diamintetra-ecetsavat (EDTE) vagy annak nátrium sóját (EDTA) használjuk. Az EDTA képlete:



12. ábra: EDTA

Az alkálifémionok kivételével, megfelelő körülmények között, a legtöbb fémion meghatározására alkalmas módszer.

A mérési körülmények megválasztása a titrálendő fémion EDTA-komplexének stabilitásától függ. A legnagyobb stabilitású az EDTA-komplexe a három- és négyvegyértékű fémionoknak, ezért ezek savanyú közegben (pH~1-3) titrálhatók. A közepes stabilitású komplexet képező átmenetifémek általában 5-6 pH-n, míg a kis stabilitású EDTA-komplexet képező alkáliföldfémek lúgos (pH~10-12) kémhatású oldatban titrálhatók meg.

A közvetlen titrálásos módszerek mellett, szükség esetén visszaméréses⁹ és közvetett módszerek is alkalmazhatók.

A végpont jelzésére olyan fémindikátorok alkalmasak, amelyek a meghatározandó fémióonnal színes komplexet adnak, és a fémiómentes indikátor színe eltér a fémiókomplex színétől. A titrálás során az EDTE először a szabad fémiókat köti meg, azután pedig kiszorítja a fémióindikátor-fémió laza komplexből a fémiónt, mert az EDTE-vel alkotott komplex stabilabb. Ha az utolsó fémió is átmegy az EDTE komplexbe, megjelenik a fémióindikátor saját színe, és ez adja a titrálás végpontját. A komplexometriás titrálásokhoz az Eriokrómfekete T és Murexid indikátorokat használjuk.

Eriokrómfekete T: az indikátor szerves színezék, pH-tól függően más és más színt mutat. A 6,3-11,5 pH tartományban a stabilis kék forma a fémiókkal piros színű komplexet képez.

Murexid: erősen lúgos közegben (pH=12,0) a murexid ibolyaszínt mutat. Fémió hatására lazacvörös színű komplexet ad. Az EDTE kivonja a fémiónt a komplexből és a titrálás végén a lazac színből a festék saját ibolya színe jelenik meg.

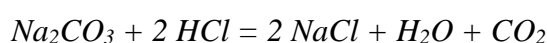
⁹ visszaméréses titrálás: másnéven visszatitrálás, olyan titrálási módszer, amikor a meghatározandó anyaghoz ismert mennyiségben, de feleslegben adagolunk mérőoldatot, majd ennek az el nem reagált részét és másik mérőoldattal mérjük.

Titrálási számolási feladatok

Acidi-alkalimetriás számolások

1. Na_2CO_3 tartalmú minta tisztaságát szeretnénk meghatározni és tömegszázalékos formában megadni. 0,3237 g porminta állt a rendelkezésünkre, amiből 100 cm^3 térfogatú törzsoldatot készítettünk. Ennek az oldatnak 20 cm^3 -es részleteit $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú, 1,035-ös faktorú sósavoldattal titráltuk. A fogyás $9,45 \text{ cm}^3$.

Írjuk fel a lejátszódó reakció egyenletét!



A reakcióegyenlet alapján látszik, hogy az ekvivalencia pontban a nátrium-karbonát és a sósav anyagmennyiség-aránya 1:2.

Számoljuk ki a mérőoldat fogyásában lévő hatóanyag anyagmennyiségét, hiszen ennek az anyagmennyiségnek az ismeretében tudjuk majd számolni az ismeretlen komponens anyagmennyiségét

$$n = c_{\text{névleges}} \times f \times V = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \times 1,035 \times 0,00945 \text{ dm}^3 = 9,781 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Számoljuk ki a sósavval elreagált nátrium-karbonát anyagmennyiségét!

1 mol Na_2CO_3

2 mol HCl-dal reagál el

hány mol (x) Na_2CO_3 reagálna el

$9,781 \cdot 10^{-4}$ mol HCl-dal?

$$x = \frac{9,781 \times 10^{-4} \text{ mol}}{2 \text{ mol}} * 1 \text{ mol}$$

$$x = 4,890 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Tehát 20 cm^3 törzsoldat Na_2CO_3 tartalma $4,890 \times 10^{-4} \text{ mol}$.

A törzsoldat teljes karbonáttartalmát szeretnénk tudni g-ban.

$$m = n \times M$$

$$M = 106 \text{ g/mol}$$

így:

$$m = 4,890 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 5 \times 106 \text{ g/mol} = 0,2592 \text{ g}$$

A meghatározás során a bemért 0,3237 g minta tömegszázalékos Na_2CO_3 tartalmát kellett megállapítanunk.

$$w\% = \frac{\text{meghatározott tömeg}}{\text{bemért minta tömege}} \times 100 = \frac{0,2592 \text{ g}}{0,3237 \text{ g}} = 80\%$$

- Mekkora az 1,826 g ecetsavat tartalmazó minta tiszta ecetsav tartalma, ha a minta 100 cm^3 -es törzsoldatából 20 cm^3 -es részleteket pontosan 0,0958 mol/dm^3 koncentrációjú NaOH oldattal titrálunk? A mérőoldat fogyása 9,45 cm^3 .
- Háztartási ecet 10,0 cm^3 -es mintájából desztilláltvizes hígítással 250,0 cm^3 törzsoldatot készítünk. A törzsoldat 10,00 cm^3 -es részleteit 0,1 mol/dm^3 koncentrációjú és 1,036-os faktorú NaOH-oldattal titráljuk. A mérőoldatból 13,15 cm^3 fogy. Számítsuk ki a háztartási ecet ecetsav tartalmát anyagszámítás segítségével!
- 1,5 g szilárd NaOH pasztillából 250 cm^3 oldatot készítettünk. A NaOH pasztilla kis mértékben karbonátosodott, így hatóértéke csökkent. Határozzuk meg a pasztilla tényleges NaOH tartalmát tömegszázalékban!
A törzsoldat 20 cm^3 -es részleteit pontosan 0,1059 mol/dm^3 koncentrációjú sósavval titrálunk, a mérőoldat fogyásainak átlaga 18,9 cm^3 .
- Sütőpor 1 g-jából 200 cm^3 törzsoldatot készítünk, 25 cm^3 -es részleteit pontosan 0,1203 mol/dm^3 koncentrációjú sósav oldattal

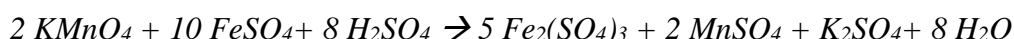
titráljuk. A sütőpor NaHCO_3 tartalmát határoztuk meg így. Ha a fogyás $4,65 \text{ cm}^3$, hány g a minta NaHCO_3 tartalma?

6. Gyümölcslé citromsav tartalmát határoztuk meg. 200 cm^3 gyümölcslé tartalmú minta 20 cm^3 -ét $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú, $0,9865$ faktorú NaOH oldattal titráltuk, a fogyás $18,95 \text{ cm}^3$. Annak tudatában, hogy a citromsav háromértékű sav, hány g citromsavat tartalmazott a gyümölcsléből készült törzsoldat és mi az anyagmennyiségkoncentrációja citromsavra nézve?
7. 1 g CaCO_3 tartalmú porkeveréket 50 cm^3 $0,1235 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósav oldatban oldottunk fel. A teljes oldódás után a sósav feleslegét $0,1054 \text{ mol/dm}^3$ NaOH oldattal titráltuk vissza. A fogyás $23,45 \text{ cm}^3$. Mi a porminta tömegszázalékos CaCO_3 tartalma?
8. Hány g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ feloldásával készült az az oldat, amelynek titrálásakor $32,00 \text{ cm}^3$ $0,250 \text{ mol/dm}^3$ kénsavoldat fogy?

Redoxi titrálások számítások

1. Vas-szulfát tartalmú minta vastartalmát határozzuk meg permanganometriás módszerrel. 200 cm³ törzsoldat 25 cm³-es részleteit titráltuk 0,02 mol/dm³ koncentrációjú, 1,005 faktorú KMnO₄ oldattal. A fogyás 18,74 cm³. Mennyi a törzsoldat vastartalma mg-ban?

Először írjuk fel a lejátszódó reakció egyenletét!



A reakcióegyenlet alapján elmondható, hogy a permanganát és vas-ionok 2:10 anyagmennyiségarányban reagálnak egymással, ami 1:5 arányra egyszerűsíthető matematikailag.

Számoljuk ki a mérőoldat hatóanyagtartalmát!

$$n = c \times f \times V = 0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \times 1,005 \times 0,01874 \text{ dm}^3 = 3,7667 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

A 200 cm³ törzsoldat ennek nyolcszorosával reagálna, tehát $3,013 \times 10^{-3}$ mol.

A permanganát anyagmennyiségénél ötször nagyobb a jelenlévő vas-szulfát, tehát a vas-ionok mennyisége, ez 0,01507 mol anyagmennyiségű vasat jelent.

A vas moláris tömege: 55,85 g/mol.

A törzsoldatban lévő vas mennyisége tehát:

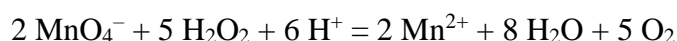
$$m = n \times M = 0,01507 \text{ mol} \times 55,85 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,8415 \text{ g}$$

Az eredmény, mivel mg egységben kell megadjuk a tömeget: 841,5 mg!

2. Egy 650 mg-os vesekő kalcium-oxalát-tartalmának meghatározásához a követ feloldották és 100 cm³ törzsoldatot készítettek belőle. Ebből 10 cm³ térfogatú részleteket 0,0180 mol/dm³ koncentrációjú

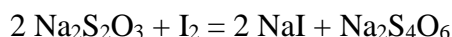
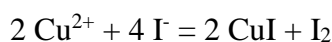
káliumpermanganát mérőoldattal titrálták, savas közegben, amelyekre átlagosan 9,25 cm³ oldat fogyott. Mennyi a vesekő minta tömegszázalékos kalcium-oxalát tartalma?

3. A hidrogén-peroxid a következő reakcióegyenlet szerint reagál a kálium-permanganát mérőoldattal:

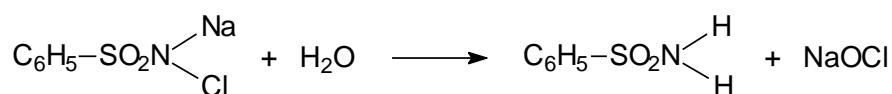


A 100 cm³-es hidrogén-peroxid tartalmú minta 10 cm³-ét titráljuk pontosan 0,02054 mol/dm³ koncentrációjú kálium-permanganát mérőoldattal. A fogyás 8,74 cm³. Mi a törzsoldat hidrogén-peroxid tartalma mol/dm³ egységben?

4. Réz ionok mennyiségét határozzuk meg! Figyelembe véve az alábbi reakcióegyenleteket, mennyi a minta réztartalma mg/100 cm³ egységben, ha 20 cm³ mintára 16,85 cm³ 0,1 mol/dm³ koncentrációjú Na₂S₂O₃ oldat (f= 1,068) fogyott?



5. A Neomagnol tabletta vízben feloldva fertőtlenítésre használható. A tabletta hatóanyaga, a benzol-szulfon-klóramid-nátrium (M=240,56 g/mol) vizes oldatban nátrium-hipokloritra és benzol-szulfonamidra bomlik.

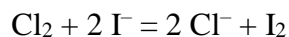


Sav hatására a hipokloritból klór fejlődik:



Az így képződött klór mennyisége,
azaz a Neomagnol tabletta aktív

klórtartalma jodometriásan mérhető.



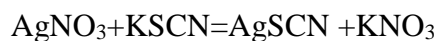
0,5632 g Neomagnol tablettá hatóanyagtartalmát határoztuk meg olyan módon, hogy 100 cm³-es törzsoldatának 20 cm³-es részleteit 0,1 mol/dm³ koncentrációjú Na₂S₂O₃ oldattal (f= 1,068) titráltuk. A fogyások átlaga 2,64 cm³. Mi a minta tömegszázalékos hatóanyagtartalma?

Csapadékos titrálási számolások

1. NaCl tartalmú törzsoldat 25 cm^3 -ét pontosan $0,2345 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ezüst-nitrát mérőoldattal titráltuk. A fogyás $16,25 \text{ cm}^3$. Mi a törzsoldat koncentrációja nátrium-kloridra nézve?

2. A klorid-ionok mennyiségét visszatitrálásos módszerrel határoztuk meg.

Ehhez 20 cm^3 mintához 25 cm^3 pontosan $0,1054 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ezüst nitrát oldatot adagoltunk. Az ezüst-nitrát ilyenkor feleslegben került hozzáadásra. A felesleget kálium-tiocianát oldattal való titrálással tudjuk megállapítani.



A kálium tiocianát koncentrációja pontosan $0,1136 \text{ mol/dm}^3$, a kapott fogyások átlaga $12,35 \text{ cm}^3$. Hány g konyhasót tartalmazott a törzsoldat 100 cm^3 -re?

Komplexometriás titrálási feladatok

1. Réz-szulfát oldat koncentrációját határozzuk meg réz-ionok komplexometriás mérésének segítségével.

250 cm³ törzsoldat 40 cm³-es részleteit titráljuk pontosan 0,4215 mol/dm³ koncentrációjú EDTE oldattal. A fogyások átlaga 25,78 cm³. Mi a törzsoldat koncentrációja? Hány g réz-szulfátot tartalmaz?

2. Alumínium ionok komplexometriás meghatározása a komplex leválásának lassúsága miatt csak egy több lépéses folyamatban, visszatitrálásos módszer segítségével határozható meg. Az EDTE feleslegét cink(II)-tartalmú mérőoldattal mérjük.

25 cm³ ismeretlen mennyiségű alumíniumot tartalmazó mintához 25 cm³ pontosan 0,2354 mol/dm³ koncentrációjú EDTE oldatot adagoltunk. A felesleget 0,2159 mol/dm³ koncentrációjú cink(II)- mérőoldattal mértük, a fogyás 12,36 cm³. Mi az alumínium tartalmú oldat koncentrációja?

3. A kalcium- és magnézium-ionok egymás melletti titrálása az EDTE-komplexeik stabilitása közötti kis eltérések miatt nem végezhető el közvetlenül. A kalcium(II)-ionok meghatározását pH=12.0 oldatban a magnézium(II)-ionok nem zavarják, mert a magnézium nagy stabilitású hidroxid csapadék alakjában kiválik az oldatból. Kevésbé lúgos közegben, pH=10.0-nél a kalcium (II)- és magnézium(II)-ionok együttes mennyisége mérhető.

Mennyi a 100 cm³-es törzsoldat magnézium és kalcium tartalma mg egységben, ha a pontosan 0,1052 mol/dm³ mérőoldat fogyása 25 cm³-es részletekre pH=10-nél 18,52 cm³, pH=12-nél 8,26 cm³?

Elméleti ellenőrző kérdések

Titrimetria

- Mi a titrimetria?
- Milyen módszerek tartoznak a modern analitikai módszerek közé?
- Mik az indikátorok?
- Mit jeleznek az indikátorok?
- Mi a mérőoldat?
- Mi a büretta?
- Mi a hitelesített üvegeszközök két fajtája?
- Milyen pipetták léteznek?
- Mi a térfogat SI egysége?
- Milyen térfogategységek használatosak a laborgyakorlatban?
- Milyen üvegeszközöket használhatunk, ha nagy pontossággal kell térfogatot mérjünk?
- Milyen üvegeszközöket használhatunk, ha kis pontossággal is elég térfogatot mérni?
- Milyen reakciók alkalmasak titrimetriás meghatározáshoz?

Az oldatok koncentráció-megadási módjai

- Mi az anyagmennyiség koncentráció definíciója?
- Milyen képlet segítségével számítható az anyagmennyiség koncentráció?
- Mi az anyagmennyiség jele és mértékegysége?
- Mi a térfogat jelen és mértékegysége?
- Mi az anyagmennyiség jele és mértékegysége?
- Mi a moláris tömeg jele és mértékegysége?

- Hogyan számoljuk a moláris tömeget?
- Mi a tömegszázalék definíciója?
- Milyen képlet segítségével számítható a tömegszázalék?
- Mi a tömegszázalék jele és mértékegysége?
- Mi a tömeg jele és mértékegysége?
- Mi a sűrűség definíciója?
- Milyen képlet segítségével számolhatjuk a sűrűséget?
- Mi a sűrűség jele és mértékegysége?
- Milyen módokon lehetséges mérőoldatokat készíteni?
- Mikor kell egy mérőoldat koncentrációját meghatározni?
- Mi a faktor?
- Milyen képlettel számolható a faktor?
- Mi a faktor jelen és mértékegysége?

A kémiai reakciók és a sztöchiometria

- Mik a kémiai reakciók?
- Mi a reakcióegyenlet?
- Mi a sztöchiometria?
- Mi a kémiai egyenlet rendezése?
- Mit mutat meg a sztöchiometriai együttható?
- Mik kell szerepeljenek a kémiai egyenlet jobb és bal oldalán?
- Hogyan kell értelmezni a reakcióegyenletek esetében és mit jelent a tömegmegmaradás?
- Mik a kémiai egyenlet írás szabályai?

- Mit jelent, hogy egy reakció egyirányú?
- Mit jelent, hogy egy reakció egyensúlyi?
- Mit jelent, hogy egy reakció egyesülés?
- Mit jelent, hogy egy reakció bomlás?
- Mikor beszélünk izomerizációról?
- Mikor beszélünk szubsztitúcióról?
- Milyen reakciók lehetségesek a részecskeátmenet jellege szerint?
- Mit jelent, hogy egy reakció sav-bázis?
- Mit jelent, hogy egy reakció redoxi?
- Milyenek lehetnek a reakciók termodinamikai jellegük alapján?
- Milyenek lehetnek a reakciók időbeli lefolyásuk alapján?

Titrimetriában használatos reakciótípusok bemutatása

- Melyek a titrimetriás meghatározásokban gyakorlati fontosságú reakciótípusok?
- Mik a savak Arrhenius szerint?
- Mik a savak a Brønsted-Lowry elmélet alapján?
- Mik a bázisok a Brønsted-Lowry elmélet alapján?
- Mi az oxónium-ion és hogyan keletkezik?
- Mi a hidroxid-ion és hogyan keletkezik?
- Mik a konjugált sav-bázis párok?
- Mi a protolitikus reakció?
- Mit jelent, hogy a víz amfoter vegyület?
- Mi a savi disszociációs állandó?
- Mi a bázisállandó?
- Mikor beszélünk erős savakról?

- Mikor beszélünk gyenge savokról?
- Mikor beszélünk erős bázisokról?
- Mikor beszélünk gyenge bázisokról?
- Mi a disszociációfok?
- Mi a disszociációfok jele és milyen értékeket vehet fel?
- Mikor beszélünk teljes disszociációról?

- Mik a redoxireakciók?
- Mi az oxidáció?
- Mi a redukció?
- Mit jelent az, hogy egy anyag oxidálószer?
- Mit jelent az, hogy egy anyag redukálószer?
- Mi az oxidációs szám?
- Mennyi az elemek oxidációs száma?
- Mennyi az ionok oxidációs száma?
- Mik az oxidációs számok megállapításának szabályai?
- Mi a redoxireakciók rendezésének lépései?

- Mit jelent, hogy egy reakció csapadékképződéssel jár?
- Mi az ionegyenlet?
- Milyen megmaradási törvényeket kell figyelembe venni az ionegyenletek rendezésekor?
- Oldódnak-e az oldhatatlan csapadékok?

- Mik a komplex vegyületek?

- Mit jelent, hogy valami központi ion?
- Mi az a koordinatív kötés?
- Hogyan jön létre a koordinatív kötés?
- Mutasd be a koordinatív kötést a hem mag példáján!
- Hogyan és miért alkalmazhatók sok esetben komplex vegyületek az analitikában?

A titrimetriás meghatározások típusai

- Mi az acidi-alkalimetria?
- Mik az acidi-alkalimetriás mérőoldatok vizes közegben?
- Hogyan változik a pH erős sav erős bázissal való titrálásakor?
- Rajzold fel a titrálási görbét erős sav erős bázissal való titrálásának esetében!
- Hogyan állapítható meg az ekvivalenciapont a titrálási görbe alapján?
- Mi az ekvivalenciapont?
- Rajzold fel a titrálási görbét erős bázis erős savval való titrálásának esetében!
- Milyen típusú molekulák a sav-bázis indikátorok?
- Mi a sav-bázis indikátorok működésének elve?
- Mi az indikátor átcsapása?
- Mi az indikátor átcsapási tartománya?
- Mi az indikátor átcsapási pontja?
- Melyik pH-n van az erős savak erős lúgokkal való titrálásakor az ekvivalenciapont?
- Milyen sav-bázis indikátorokat ismersz?
- Miért nem $\text{pH}=7$ az ekvivalenciapont a gyenge savak erős bázissal való titrálásakor?
- Mi a redoximetria?

- Mikor beszélünk oxidimetriáról?
- Milyen oxidimetriás módszerek léteznek?
- Mi az oxidimetriás módszerek oldószere?
- Mikor beszélünk reduktometriáról?
- Milyen reduktometriás módszereket ismersz?
- A redoximetria melyik csoportjába tartozik a jodometria? Miért?
- Hogyan működnek a redoxi indikátorok?
- Milyen közeg biztosítása szükséges a permanganometriás meghatározásokhoz? Miért?
- Miért nem alkalmas a HCl a permanganometriás titrálások savanyítására?
- Mi a permanganometria indikátora?
- Mi a jodometria alapja?
- Mi a jodometria mérőoldata?
- Mi a jodometria indikátora és annak működési elve?

- Milyen csapadékos reakciók alkalmasak titrimetriás meghatározásokhoz?
- Milyen típusú anyagok a csapadékos titrálás indikátorai és hogyan működnek?
- Melyik a leggyakrabban használt csapadékos titrálási módszer, mi a mérőoldata?

- Mi a komplexometria alapja?
- Mi a komplexometria mérőoldata?
- Milyen molekulák alkalmasak komplexometriás mérőoldat elkészítésére?
- Miknek a meghatározására alkalmas módszer a komplexometria?
- Milyen komplexképződési reakciók alkalmasak a komplexometriás meghatározásban?

- Milyen fémionok nem határozhatók meg komplexometriásan?
- Mik a komplexometriás indikátorok?
- Milyen komplexometriás indikátorokat ismersz?

Számolási feladatok megoldásai

Térfogategységek átváltásai

1. 110 ml
2. nem; nem; igen; igen; igen; igen; nem
3. 170; 800; 1000; 260; 30; 4000; 200000
4. 60; 400; 2250; 6; 0,7
5. 1,5; 2,5; 9,8; 300; 5; 7,5

Anyagmennyiség

5.
 - 1 mol sósav: 36,45 g
 - 2 mol foszforsav: 196 g
 - 10 mol szén-monoxid: 280 g
 - 3,5 mol kalcium-hidroxid: 199,5 g
 - 8 mol nitrogéngáz: 224 g
 - 17 mol ózon: 816 g
 - 3 mol vörösfoszfór: 93 g
 - 2 mol nátrium-hidroxid: 80 g
 - 12 mol benzol: 936 g
 - 3 mol etil-alkohol: 138 g
 - 2 mol sztearinsav: 569 g
 - 5 mol ecetsav: 300 g
 - 0,5 mol foszforsav: 49 g
 - 10 mol szőlőcukor: 1800 g

7.
 - 12 g oxigéngáz: 0,5 mol

- 25 g vas: 0,45 mol
- 60 g nitrogén-dioxid: 1,3 mol
- 954 g salétromsav: 15,1 mol
- 56 g kénsav: 0,57 mol
- 10 g trícium: 3,3 mol
- 75 g víz: 4,2 mol
- 89 g vas(III)- oxid: 0,61 mol

Anyagmennyiség koncentráció

2. 1 g
3. 316 g
4. 2566 cm³
5. 0,15 mol/dm³
6. 0,234 mol, 8,541 g

Tömegszázalék

2. 16,8%
1. 20,62%
2. 270 g
3. 85%
4. 90g só 410 g vízben való feloldásával
5. 20%
6. 23,5%
7. 625 g

Mérőoldat elkészítése tömény oldat hígításával

2. 17,5 %

3. 29,6 %
4. 30,625 g és 24,25 cm³
5. 37,6 cm³

Mérőoldat pontos koncentrációjának meghatározása

2. 0,09850 mol/dm³ 0,9850
3. 0,09122 mol/dm³ és 0,9122
4. 0,03103 mol/dm³ és 1,0344
5. 0,09734 mol/dm³ és 0,9734
6. 0,1 g körüli tömeget

Sztöchiometriás számolások

2. 55 szén-dioxid és 40 g oxigéngáz
3. 44,3 g
4. 27,5 mol
5. 1,6 g
6. 26,4 dm³
7. benzol
8. 30,1 g

Acidi-alkalimetriás számolások

2. 0,2716 g, kb. 15%
3. 3,4 mol/dm³
4. 67%
5. 0,376 g
6. 1,197 g, 0,0312 mol/dm³
7. 18,52%
8. 2,29 g

Redoxi titrálásos számítások

2. 82%
3. 0,045 mol/dm³
- 4, 571 mg
5. 60,2%

Csapadékos titrálási számítások

1. 0,15 mol/dm³
2. 0,36 g

Komplexometriás titrálási feladatok

1. 97,6 g és 2,71 mol/dm³
2. 0,1287 mol/dm³
3. 105 mg Mg és 139 mg Ca

Felhasznált irodalom

Fogarasi József: A mennyiségi analízis klasszikus analitikai módszerei c. jegyzet, 2012

Szabó Mária: Kémia- Felzárkóztató tananyag élelmiszertudomány szakterületen tanulmányokat folytató hallgatók részére c. jegyzet, 2018

A hivatkozott honlapokat 2019, májusában nyitottam meg utoljára

http://www2.sci.u-szeged.hu/inorg/Mennyisegi_analitika.pdf

<http://ecseri.puskas.hu/informaciok/kemia%20hf/anyagmennyiseg/anyagmennyiseg5.pdf>

<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/kemia/altalanos->

[kemia/reakciotipusok/csapadekkepzodesselel-jaro-reakciok](https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/kemia/altalanos-kemia/altalanos-kemia/reakciotipusok/csapadekkepzodesselel-jaro-reakciok)

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Vizkemia_I/ch11.html

<https://en.wikipedia.org/wiki/Heme>

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Kel%C3%A1that%C3%A1s>

<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/kemia/altalanos-kemia/kemiai->

[folyamatok-egyensulya-vizes-oldatokban/komplexkepzes](https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/kemia/altalanos-kemia/kemiai-folyamatok-egyensulya-vizes-oldatokban/komplexkepzes)

<http://www.inorg.unideb.hu/tmpdir/kurzusok/nonpublic/kurzusok1477315775/Bezet%C3%A>

[9s_Baranyai.pdf](http://www.inorg.unideb.hu/tmpdir/kurzusok/nonpublic/kurzusok1477315775/Bezet%C3%A9s_Baranyai.pdf)

<http://members.upcweb.hu/saringer.nandor/tudas/matek/Mertekvaltas-gyak.pdf>

<http://www.bzsb.hu/aloldalok/oktatasi-anyagok/Erettsegi/szamitasi-feladat.html>