

H. Ýowjanow

ANALITIKI HIMIÝA

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi
tarapyndan hödürlenildi*

**Aşgabat
Türkmen döwlet neşirýat gullugy
2010**

Ýowjanow H.

Ý 95 **Analitiki himiýa.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2010.

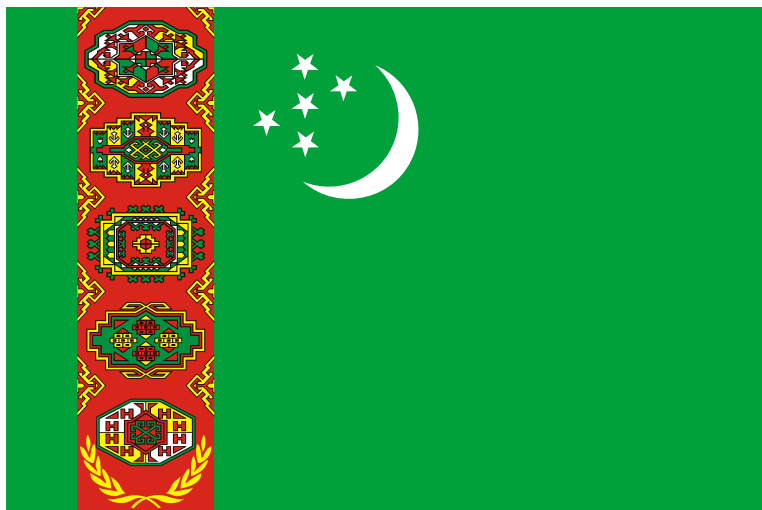
Kitap ýokary okuw mekdepleriniň inžener-tehniki hünärleriniň talyp-lary we mugallymlary üçin niýetlenen. Kitapda "Analitiki himiýa" dersiniň nazary esaslary, çözgütli meseleleri, tejribe işleriniň usulyýetleri, barlag test soraglary, dürli himiki we fiziki-himiki maglumatlar getirilýär.



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa erkana ýurdum,
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur.
Baýdagyň belentdir dünýäň önünde.

Gaytalam:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym.

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,
Nesiller döş gerip, gorar şanymyz.

Gaytalam:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym.

GIRIŞ

Türkmenistanyň Prezidenti Hormatly Gurbanguly Berdimuhamedowyň Täze Galkynyş syýasatyna we “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin baş ugry” Milli Maksatnamasyna laýyklykda nebit, gaz, himiýa we beýleki halk hojalyk pudaklarynyň ösüşini ýakyn geljekde has ýokary derejelere ýetirmeklik göz önünde tutulýar. Bu wezipeleri amala aşyrmak bolsa Altyn Asyryň Altyn hünärmenleri boljak şu günki talyplaryň paýyna düşdi. Hünärmenleri Garaşsyz Türkmenistanyň ykdysadyýet ulgamlarynyň talabyna we aýratynlyklaryna görä döwrebap taýýarlamaklyga uly üns berilýär. Şeýle bolansoň talyplara öz ugurlary boýunça gerekli bilimi edinmek we ony iş tejribesinde kämil ulanmagy başarmak häzirki zaman ösen tehnologiýalaryň esasy talaplarynyň biridir. Himiýa we beýleki mineral çig mal serişdelerini gaýtadan işleýän senagatda başlangyç çig malyň, aralyk we harytlyk önümleriň hilini, himiki düzümini kesgitlemek önümçiligiň in jogapkärli we wajyp meseleleriniň biri bolup durýar. Şol wezipeleri ýerine ýetirmek analitiki himiýanyň usullarynyň üsti bilen amala aşyrylýar. Şeýle hem analitiki himiýa ekologiki meseleleri çözmekde hem uly rol oýnaýar. Umuman, analitiki himiýa bu maddalaryň analiziniň usullary hakyndaky özbaşdak ylymdyr. Ol maddalaryň düzümini hil we mukdar taýdan himiki, fiziki-himiki we fiziki usullary arkaly kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Şonuň üçin inžener himik tehnologlar, ekologlar, standart we sertifikatlaşdyрма hünärlerinde analitiki himiýa dersiniň ýeterlik göwrümde geçirilmegi örän möhümdir. Şu okuw kitaby ýokary okuw mekdepleriniň inžener-tehniki hünärlerinde geçilýän “Analitiki himiýa” dersiniň okuw maksatnamasyna laýyklykda ýazyldy.

Analitiki himiýa dersi boýunça umumy okuwlar, laboratoriya we amaly sapaklar geçilýär. Umumy okuwlar umumy we organiki däl, organiki, fiziki, kolloid himiýalaryň kanunlaryna esaslanýar. Nazaryýet bilimleri laboratoriya we amaly sapaklaryň üsti bilen has içgin özleşdirilýär we çuňlaşdyrylýar.

Analitiki himiýa çözüň meselelerine we ulanyan usullaryna görä şu görnüşlere bölünýär: hil analizi, analiziň himiki we fiziki-himiki mukdar usullary. Olaryň hersiniň öz aýratynlyklary bar. Şeýle bolansoň okuw kitabynda analitiki himiýanyň nazaryýet esaslary, tejribeçilik işleriniň usulyýetleri, meseleleriň we mysallaryň çözümleri, himiki we fiziki-himiki maglumatnamalar ýeterlik göwrümde getirilýär.

ANALITIKI HIMIÝANYŇ NAZARY ESASLARY

1. ANALITIKI HIMIÝANYŇ ÖSÜŞINIŇ GYSGAÇA TARYHY. ESASY DÜŞÜNJELER

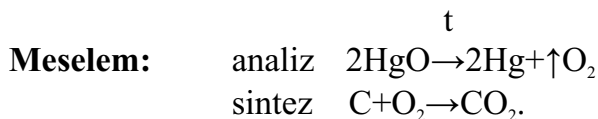
Mälim bolşy ýaly, materiýanyň ähli maddalary himiki elementlerden, olaryň dürli birleşmelerinden ybaratdyr. Köplenç halatda şol elementleriň haýsylardygyny we näçe mukdardan ybaratdygyny bilmek gerek bolýar. Biz öz durmuşymyzdan bilýäris, ýagny senagatyň, oba hojalygynyň önümlerini we beýleki tebigy maddalary, medisnada ulanylýan dermanlary ulanmazdan ozal olaryň düzümini öwrenýäris. Şonuň üçin hil analizi diýilýän söze gabat gelip durýarys. Şol bir zada gowy, erbet, ýaramly ýa-da zyýanly diýmezden ozal ony analiz etmeli bolýar. Maddalaryň şonuň ýaly analizini, köplenç, himiki, fiziki, fiziki-himiki ýollar arkaly amala aşyrylýar.

Bize belli bolşy ýaly, himiýa ylmynyň köp görnüşleri bolup, olara organiki däl himiýa, fiziki himiýa, kolloid himiýa, analitiki himiýa we başgalar degişlidir. Olaryň hersi himiýanyň bir pudagyny öwrenýär. Şol ylymlaryň, olaryň kanunlarynyň, düzgünleriniň esasynda analitiki himiýa-da özbaşdak bir ylymdyr.

Analitiki himiýa – bu maddalaryň analiziniň usullary haýyndaky ylymdyr. Analitiki himiýanyň predmeti we wezipesi himiki analiziň nazaryýetini we tejribeliligini öz içine alýar. Bu ylmyň ähmiýeti ähli tebigaty öwrenýän ylymlar, şol sanda himiýa ylmy we senagaty üçin biçak uludyr. Analiziň üsti bilen iň kiçi mukdardan başlap ($10^{-(10-12)}\%$) onlarça ($\%$)-e barabar mukdary anyklap bolýar.

Analiz etmek işleri gadym zamanlarda hem ulanylypdyr, ýagny derman taýýarlamakda, metallary işlemekde we başgalarda.

Eger-de göni terjimesini aýtsak, analiz diýmek, bu dargatmak diýmekdir. Ýagny maddanyň düzümini kesgitlemek üçin ony ýörite dürli ýollar arkaly dargadypdyrlar we olaryň soňra düzüm böleklerini kesgitleýdirler. Tersine, ýönekeý maddalardan bitewi tutuş maddany almaklyga bolsa **sintez** diýipdirler.



Öz gezeginde analitiki himiýa hil analizine we mukdar analizine bölünýär. Hil analizi maddalaryň haýsy himiki elementlerden, ionlardan, molekulalardan durýandygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Meselem, nahar duzy hil taýdan natriý we hlor atomlaryndan ybaratdyr. Ýa-da has çylşyrymly madda bolan hek daşy CaCO_3 kalsiý, uglerod, kislorod elementleriniň atomlaryndan ybaratdyr. Mukdar analizi bolsa, maddalary düzýän şol elementleriň näçe mukdardadygyny kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Meselem, howanyň düzüminiň hil we mukdar analizleri boýunça häsiýetlendirilişi. Hil analizi boýunça howada azot (N_2), kislorod (O_2) we kömürturşy gazy (CO_2) bardyr. Mukdar analizi boýunça howada 78% azot, 21% kislorod we 1% kömürturşy gazy bar.

Analitiki himiýanyň ösüşiniň taryhy beýleki ylymlaryň, has-da himiýanyň we tehnikaýnyň ösüşi bilen berk baglydyr.

Hil analiziň esasy düşünjeleri XVII asyryda inlis alymy *Robert Boýl* (1627-1691) tarapyndan berilýär. Fransuz alymy *Ş.L. Geý-Lýussak* (1778-1850) göwrüm analiziniň düýbünü tutýar. Soňra täze usullaryň döremeginde şwed himigi *I.Ýa. Berse-liusyň* (1779-1848), nemes alymlary *P. B. Bunzenin* (1811-1899), *G. P. Kirhgofyň* (1824-1887) we beýlekileriň hyzmaty uludyr.

Analitiki himiýa analiz üçin diňe bir himiki usullary ulanman, eýsem, ençeme fiziki usullary hem peýdalanýar. Himiki usullar, esasan, himiki reaksiýalary amala aşyrmak arkaly maddalary bir görnüşden başga bir görnüşe geçirmek boýunça ýerine

ýetirilýär. Meselem: çökdürme, dargatma, oruntutma, ýakmaklyk we başga usullar boýunça amala aşyrylýar. Fiziki usullarda himiki reaksiýalar ulanman, maddalaryň we olaryň düzümi bölegi bolan elementleriň fiziki häsiýetleri ulanylýar, ýagny elektrik, magnit, ýylylyk, optiki, radioaktiwlik we beýleki häsiýetleri ulanylýar.

Fiziki usullara mysallar:

– spektral analiz, lýuminessent analizi, rentgenostruktura analizi, radioaktiwizasiýa we başga usullar.

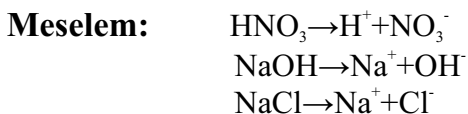
Häzirki wagtda analitiki usullaryň görnüşleri örän köpdür. Olaryň kömegi bilen köp sanly ekologiki meseleler çözülýär. Sebäbi senagatyň täsiri astynda, topragyň, suwuň we howanyň zaýalanmagy bolup durýar. Olary zaýalayan zäherli maddalar bolsa dürli-dürlüdür. Olaryň mukdary-da her hilidir, ýagny gramyň millionlardan birinden onlarça %-lere barabardyr.

Şeýle az mukdardaky zäherleýji maddalar biziň ýymitimizi, suwumyzy we dem alýan howamyzý zaýalap bilýärler. Şeýle bolansoň ekologiýada analitiki himiýanyň ähmiýeti uludyr.

Mälim bolşy ýaly, himiki elementler özara birleşmeleri emele getirýärler. Himiki birleşmeler, esasan, şu görnüşde bolýarlar: kislotalar, esaslar, duzlar, oksidler we başgalar.

Meselem:

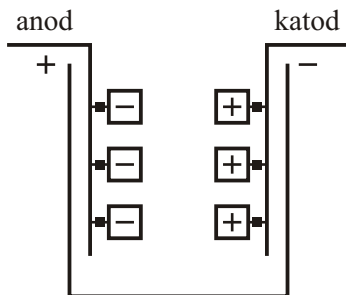
HNO_3 , H_2SO_4 , NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl , CaCl_2 we başgalar. Şu maddalar suwda eredilende elektrolitiki dissosiasasiýa netijesinde položitel we otrisatel zarýadlanan ionlara dargayarlar.



Şundaky emele gelen položitel ionlara **kationlar**, otrisatel ionlara bolsa **anionlar** diýilýär. Munuň sebäbi elektrohimiiki prosesde položitel zarýadlanan ionlar katoda, otrisatel zarýadlanan ionlar bolsa anoda tarap hereket edýärler (*1-nji surat*). Şonuň üçin analitiki himiýada erginlerdäki kesgitlenýän ionlar kationlar we anionlar diýip atlandyrylýar.

Meselem:

Na^+ - kation Ca^{++} - kation
 Cl^- - anion OH^- - anion



1-nji surat.
Elektroliz hadysasynda ionlaryň
hereket ugry

Ionlaryň analitiki toparlara bölünişi Laboratoriýa işi

Ionlar analitiki toparlara, ýagny klaslara bölünýär. Klassifikasiýa ionlaryň ereýjiligine esaslanandyr. N.A.Menşutkiniň klassifikasiýasy boýunça metallaryň ionlary (kationlary) 2 sany uly topara bölünýär:

a) kükürtwodorod ýa-da ammoniý sulfidi tarapyndan çökdürilýän ionlar;

b) şol reaktiwler bilen çökdürilmeýän ionlar.

Sulfidler bilen çökdürilmeýän ionlar öz gezeginde ammoniý karbonaty bilen çökdürilýänlere we çökdürilmeýänlere bölünýär.

Şeýlelikde, H_2S , ammoniý sulfidi $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ umumy ýa-da toparlaýyn reaktiwler hasaplanylýar.

Şu klassifikasiýa häzirki wagta çenli ulanylyp gelinýär. Bu klassifikasiýa boýunça, kationlar şu aşakdaky 5 analitiki toparlara bölünýär:

- I. Analitiki topar natriý, kaliý, ammoniý, magniý we başga kationlar: $(\text{NH}_4^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+, \text{Cs}^+, \text{Fr}^+, \text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{Mg}^{++})$;
- II. Analitiki topar kalsiniň, stronsiniň, bariniň we radiniň, kationlary: $(\text{Ca}^{++}, \text{Sr}^{++}, \text{Ba}^{++}, \text{Ra}^{++})$;
- III. Analitiki topar nikeliň, kobaltyň, marganesiň, sinkiň, demriň iki walentli kationlary we alýumininiň, demriň, hromuň üç walentli kationlary we başga kationlar: $(\text{Be}^{++}, \text{Al}^{+++}, \text{Ti}^{\text{IV}}, \text{Cr}^{+++}, \text{Zr}^{\text{IV}}, \text{Mn}^{++}, \text{Fe}^{++}, \text{Fe}^{+++}, \text{Co}^{++}, \text{Ni}^{++}, \text{Zn}^{++})$;

- IV. Analitiki topar kümşüň 1 walentli kationy, zakisli simabyň kationy, gurşunyň, misiň we kadminiň 2 walentli kationlar, okisli simabyň kationy, wismutyň 3 walentli kationy;
- V. Analitiki topar galaýynyň 2 walentli kationy, myşýagyň, surmanyň 3 walentli kationlary we başgalar;
- I. Analitiki toparyň kationlarynyň umumy toparlaýyn çökdürijisi ýokdur;
- II. Analitiki toparyň kationlary karbonat anionlary bilen çökdürilýärler. Emma $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ bilen çökmeýärler (degişli sreda, käbir reaktiwleriň gatnaşmagynda we ş.m.);
- III. Analitiki toparynyň kationlary $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ bilen çökdürilýärler. Ýokary turşy erginlerden H_2S arkaly çökdürilmeýärler. IV we V analitiki toparlaryň kationlary H_2S bilen çökdürilýärler, ýagny turşy erginlerde.

Laboratoriýa işleriniň tehnikasy

Analiz edilende hökmany suratda birnäçe tejribe operasiýalar ýerine ýetirilýär.

Olar:

- analiz edilýän ergine haýsy-da bolsa bir degişli reaktiw goşmak arkaly çökündi almak;
- emele gelen çökündini filtrleriň ýa-da sentrifuganyň kömegi bilen erginden aýyrmak;
- alnan çökündini suw bilen ýuwmak;
- çökündini eretmek we ondan ergin taýýarlamak.

Şu tejribeleri ýerine ýetirmek üçin erginleri, köplenç, gyzdymaly ýa-da bugartmaly bolýar. Ýa-da erginden gyzyklandyran elementi çykarmak üçin ekstragent goşulýar. Şol ýa-da başga birnäçe operasiýalary ýerine ýetirmek üçin birnäçe görnüşli gap - gaçlar ulanylýar. Olar probirkalar, stakanlar, kolbalar we başga enjamlar degişlidir.

Erginleri gyzdymak üçin gaz gorelkalary, elektrik gyzdymaly ulanylýar. Erginleri süzmek üçin ýörite süzgüçler ulanylýar. Erginleriň berlen göwrümini almak üçin takyk býuretkalar,

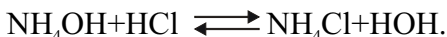
ölçeg kolbalary, pipetkalar ulanylýar. Tejribe işleriniň usullary, tejribe sapaklarynda içgin öwredilýär.

2. HIMIKI DEŇAGRAMLYLYK. HIMIKI REAKSIÝALARYŇ TIPLERI

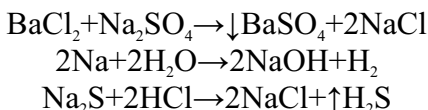
Erginleriň sredasynyň ýagdaýyna baglylykda himiki birleşmeler we elementler dürli ionlar görnüşinde bolup bilýärler. Köp walentligi ýüze çykarýan elementler (N^{5+} , S^{6+} , Mn^{7+} , W^{6+} we ş.m.) çylşyrymly ionlary emele getirýärler, ýagny, köplenç halatlarda, kislota galyndylary görnüşinde bolýarlar: NO_3^- , SO_4^{2-} , MnO_4^- , WO_4^{2-} ýagny N^{5+} , S^{6+} , Mn^{7+} görnüşde bolup bilmeýärler. Şonuň üçin munuň ýaly ionlar-anionlar tutuşlygyna kesgitlenýärler. Himiki reaksiýalar, şol sanda analitiki reaksiýalar, köplenç halatda, diňe bir ugurlaýyn bolman, eýsem, olar yzyna gaýdymly, ýagny öwrülişikli bolýar.

Meselem: $NH_4OH + HCl = NH_4Cl + HOH$

Şu reaksiýa diňe çepden saga bolup geçmän, eýsem, sagdan çepde hem bolup geçýär. Şonuň üçin bular ýaly reaksiýalara öwrülişikli reaksiýalar diýilýär we olar şeýle ýazylýar:

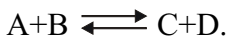


Eger - de reaksiýa öwrülişiksiz bolsa, ýagny diňe bir tarapa geçýän bolsa, onda oňa **öwrülişiksiz reaksiýa** diýilýär. Bu reaksiýa, esasan, ereýjiligi juda pes bolan çökündiler, gaz halyndaky maddalar emele gelende bolup geçýär. Bu reaksiýalarda diňe bir strelka goýulýar:



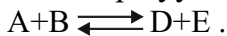
Sebäbi şuna meňzeş reaksiýalarda emele gelýän çökündi ýa-da uçup gidýän gaz şekilli maddalar reaksiýa girmeyärler, reaksiýa

yzyna öwrülmeýär. Öwrülişikli reaksiýalar himiýada has köp duş gelýärler. Ol reaksiýalar umumy görnüşde şeýle ýazylyp bilner:



Şunda çepden saga geçýän reaksiýa göni reaksiýa, yzyna-sagdan çepe geçýän reaksiýa bolsa **ters reaksiýa** diýilýär. Şu reaksiýalary himikler *S. A. Arrenius*, *Ýa. I. Mihaýlenko* dagylar düýpli öwrenýärler we olaryň kanunalaýyklyklaryny kesgitleýärler.

Tebigatyň beýleki prosesleri ýaly himiki reaksiýalaryň hem tizligi bolýar. Olaryň tizligine esasy täsir edýän faktorlar şulardyr: maddalaryň himiki ukyplylygy, olaryň konsentrasıýasy, temperatura, basyş, katalizatorlar we başgalar. Himikleriň anyk-laýşyna görä, himiki reaksiýanyň tizligi reaksiýa girýän maddalaryň konsentrasıýalaryna göni proporsionaldyr, ýagny özara täsir edýän massalara. Muňa **massalaryň täsir etme kanuny** diýilýär. Diýmek reaksiýa gatnaşýan maddanyň konsentrasıýasy (mukdary) näçe köp bolsa, şonça reaksiýanyň tizligi ýokary bolýar. Şunuň ýaly temperaturanyň ýokary galdyrylmagy hem himiki reaksiýalary çaltlandyrýar. Şonuň üçin himiýada, şol sanda analitiki himiýada, köplenç, reaksiýa geçirilýän erginler gyzdrylýar. Reaksiýa basyşyň täsiri diňe gaz şekilli maddalaryň reaksiýalary geçirilende ýüze çykyar. Reaksiýanyň tipine görä, basyş köpeltmeli, ýa-da azaltmaly bolýar. Katalizatorlar hem reaksiýany güýçlendirýärler. Katalizatorlar – bular reaksiýa goşulýan goşmaça maddalardyr. Olar reaksiýa girmeyärler we harç bolmaýarlar, ýöne reaksiýany güýçlendirýärler. Öňki aýdysymyz ýaly, öwrülişikli reaksiýa iki taraplaýyn bolup geçýär, ýagny



Şu ýerde göni reaksiýanyň hem, ters reaksiýanyň hem öz tizlikleri bardyr. Goý, olary şeýle aňladalyň:

Göni reaksiýanyň tizligi:

$$V_1 = K_1[A][B].$$

Bu ýerde K_1 – tizligiň konstantasy, ol temperatura, basyşa we katalizatora bagly bolýar.

[A][B] – A we B maddalaryň konsentراسیýalary.

Indi şunuň ýaly görnüşinde ters reaksiýanyň tizligini ýazalyň:

$$V_2 = K_2[D][E].$$

Bu ýerde hem K_2 – ters reaksiýasynyň tizliginiň konstantasy.

[D] we [E] – emele gelyän D we E maddalaryň konsentراسیýalary.

Şeýlelikde, şol bir wagtyň özünde biziň berlen sistemamyz-da iki sany gapma-garşy prosesler bolup geçýärler. Göni we ters reaksiýalar. Şonda reaksiýanyň geçmegi bilen göni reaksiýanyň tizligi barha azalýar, ters reaksiýanyň tizligi bolsa barha köpeliýär. Ahyry şeýle pursat döreýär, ýagny iki reaksiýanyň tizlikleri özara deňleşýärler, ýagny

$$\begin{aligned} V_1 &= V_2 \\ K_1[A][B] &= K_2[D][E] \end{aligned}$$

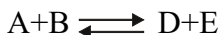
ýa-da başgaça:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{[D][E]}{[A][B]} = K.$$

Şeýlelikde, bellibir ýagdaýda, has takygy himiki deňagramlylyk ýagdaýynda, emele gelen önümleriň konsentراسیýalarynyň köpeltmek hasylynyň başlangyç maddalaryň konsentراسیýalarynyň köpeltmek hasylyna bolan gatnaşygy hemişelik ululykdyr we oňa **deňagramlylygyň konstantasy "K"** diýilýär. Ol konstanta näçe uly bolsa şonça - da reaksiýa çepden saga geçýär, sebäbi:

$$K = \frac{K_1}{K_2}.$$

Şeýle hem ol reaksiýanyň çepindäki we sagyndaky ionlaryň konsentراسیýalarynyň biri-birinden nähili tapawutlanýandygyny görkezýär. Meselem, haýsy-da bolsa bir reaksiýa üçin, ýagny



reaksiýa üçin $K=10^{-6}$ -a deň diýeliň.

Bu diýildigi $\frac{K_1}{K_2} = \frac{[D][E]}{[A][B]} = 1 \cdot 10^{-6}$ diýiligidir. Bu ýerde

$[D][E]$ köpeltmek hasyly $[A][B]$ köpeltmek hasylyndan 10^{-6} ýa-da 1000 000 esse kiçidir. Diýmek, göni reaksiýa gaty haýal geçýär. Eger-de reaksiýa gatnaşýan maddalaryň ýanynda koeffisiýentler bar bolsa, ýagny



$$\text{onda } \frac{K_1}{K_2} = \frac{[D]^d [E]^e}{[A]^a [B]^b}$$

$[D], [E], [A], [B]$ – deňagramlylyk konsentراسiýalary.

Massalaryň täsir kanuny diňe elektrolit dällere we gowşak elektrolitlere degişlidir. Ähli güýçli elektrolitler (aşgarlar, güýçli kislotalar, duzlar) üçin ol kanun doly berjaý edilmeyär. Sebäbi güýçli elektrolitler ionlara dissosiasiýalaşýarlar we şol ionlaryň özara täsiri astynda eredilen maddalaryň konsentراسiýasy garaşylyşy ýaly bolmaýar. Sebäbi özara täsir edişme güýçleri netijesinde ionlaryň tizligi üýtgeýär, ýagny ionlar biri-birine çekişýärler, ýa-da itekleşýärler.

Şonuň üçin massalaryň täsiri kanunyň güýçli elektrolitlerde hem ulanmak maksady bilen konsentراسiýanyň düşünjesiniň deregine aktiwlik diýen düşünje ulanylýar. Bu ululyk ionlaryň özara çekişme (dartyşma) häsiýetini, erän maddanyň eredijä täsir etmegini we ionlaryň hereketine täsir edýän beýleki hadysalary hasaba alýar. Eger ergin çäksiz gowşadylan bolsa, ýagny ýokardaky hadysalaryň täsiri mümkin boldugyça aýrylan bolsa, onda aktiwlik (a) bilen konsentراسiýa (c) deň diýip hasaplamak bolýar: $a = c$.

Hakykatda weli, real erginler üçin san taýdan aktiwlik aşakdaka deňdir:

$$a = f c,$$

f - aktiwlik koeffisiýenti.

Bu koeffisiýent ýaňky aýdylan ähli gyşarmalary hasaba alýar we onuň kömegi bilen bolsa aktiwligi tapyp bolýar. Indi şu

aktiwligiň üsti bilen real ergindäki reaksiýalar üçin massalaryň täsir kanunyny şeýle ýazyp bolýar:



Onda onuň deňagramlylyk konstantasy K aktiwligiň üsti bilen şeýle aňladylýar:

$$K = \frac{a_D \cdot a_E}{a_A \cdot a_B}$$

ýa-da $a=fc$ ulansak, onda alarys:

$$K = \frac{C_D \cdot f_D \cdot C_E \cdot f_E}{C_A \cdot f_A \cdot C_B \cdot f_B} .$$

Şonuň üçin, köplenç, himiki termodinamikada konsentrasýasynyň deregine aktiwlik ulanylýar. Munuň üçin maddanyň aktiwlik koeffisiýentini bilmeli. Emma ony bilmek bolsa köp sebäplere görä aňsat iş däl. Emma şeýle-de bolsa erginleriň käbir konsentrasýalary üçin ol bellidir, şonuň üçin ilki erginiň ion güýjüni tapýarlar. Ol şeýle hasaplanýar:

$$\mu = \frac{1}{2} ([Kt] \cdot Z_{Kt}^2 + [An] \cdot Z_{An}^2 + \dots).$$

Bu ýerde $[Kt]^2$, $[An]$ - kationlaryň we anionlaryň konsentrasýalary, (g-ion/ ℓ), Z_{Kt}^2, Z_{An}^2 - kationlaryň we anionlaryň zaryadlary

ýa-da başgaça: $\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2$.

Erginiň ion güýji ionlaryň konsentrasýalarynyň olaryň zaryadlarynyň kwadratyna köpeltmek hasylynyň ýarym jemine deňdir.

Meselem: 1/ 0,01 mol $BaCl_2$ we 0,1 mol $NaNO_3$ erginiň ion güýjüni tapmaly diýeliň.

Çözülişi:

$$\mu = \frac{1}{2} ([Ba^{2+}] \cdot 2^2 + [Cl^-] \cdot 1^2 + [Na^+] \cdot 1^2 + [NO_3^-] \cdot 1^2).$$

Ionlaryň konsentrasiýalary:

$$[\text{Ba}^{2+}] = 0,01 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{Cl}^-] = 2 \cdot 0,01 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{NO}_3^-] = 0,1 \text{ g-ion}/\ell.$$

Onda:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{2} (0,01 \cdot 2^2 + 2 \cdot 0,01 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = \\ &= \frac{1}{2} (0,04 + 0,02 + 0,1 + 0,1) = \frac{1}{2} \cdot 0,26 = 0,13.\end{aligned}$$

Ion güýjüniň artmagy bilen erginiň aktiwlik koeffisiýenti peselýär.

Aşakdaky tablisada dürli ion güýçleri üçin aktiwlik koeffisiýentiniň bahalary berlen:

Ionyň zarýady	Ion güýji, μ						
	0	0,002	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
1	1	0,95	0,90	0,87	0,81	0,76	0,2
2	1	0,82	0,66	0,57	0,44	0,33	0,24
3	1	0,64	0,39	0,28	0,15	0,08	0,04
4	1	0,45	0,19	0,10	0,04	0,01	0,003
H ⁺ üçin	1	0,97	0,92	0,90	0,88	0,84	0,83
OH ⁻ üçin	1	0,97	0,92	0,89	0,85	0,81	0,80

Mysal: 0,01 mol CaCl₂ we 0,1 mol Na₂SO₄ konsentrasiýaly erginiň ion güýjüni tapmaly:

$$\mu = \frac{1}{2} ([\text{Ca}^{2+}] \cdot 2^2 + [\text{Cl}^-] \cdot 1^2 + [\text{SO}_4^{2-}] \cdot 2^2 + [\text{Na}^+] \cdot 1^2)$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 0,01 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{Cl}^-] = 2 \cdot 0,01 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{Na}^+] = 2 \cdot 0,1 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 0,1 \text{ g-ion}/\ell.$$

Onda ýerine goýýarys:

$$\mu = \frac{1}{2} (0,01 \cdot 2^2 + 2 \cdot 0,01 \cdot 1^2 + 2 \cdot 0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 2^2) = 0,33.$$

Mysal: 0,01 mol NaNO_3 + 0,05 mol KCl erginiň μ -ni tapmaly:

$$[\text{Na}^+] = 0,01 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{NO}_3^-] = 0,01 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{K}^+] = 0,05 \text{ g-ion}/\ell$$

$$[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ g-ion}/\ell.$$

Onda:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{2} (0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 1^2 + 0,05 \cdot 1^2) = \\ &= \frac{1}{2} (0,01 + 0,01 + 0,05 + 0,05) = \frac{1}{2} \cdot 0,12 = 0,06. \end{aligned}$$

Şu tapylan μ üçin ýokardaky tablisadan f -i tapalyň. Tablisada $\mu = 0,06$ üçin f -iň bahasy ýok. Şeýle bolansoň $\mu = 0,05$ üçin f -iň bahasyny tapýarys. Onda $f = 0,81$ (bir zaryadly ionlar üçin). Diýmek, berlen erginiň aktiwlik koeffisiýenti 0,81-e deň eken.

3. SUW ERGINLERINDÄKI DEŇAGRAMLYLYK. GOMOGEN SISTEMALARYŇ WODOROD GÖRKEZIJISI (pH)

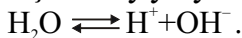
Himiki reaksiýalaryň bolup geçýän ýa-da analiz edilýän sistemalary gomogen ýa-da geterogen bolup bilerler.

Gomogen – haçanda sistemadaky maddalaryň arasynda fazasy boýunça tapawut bolmasa, ýagny meselem: duzlaryň, kislotalaryň, esaslaryň we beýlekileriň suw erginleri. Bu ýerde hemme maddalar suwuk halda ýerleşýärler we olaryň özara üst araçägi ýok.

Geterogen – sistema birnäçe fazadan durýar, meselem: gaz we suwuk maddalardan, gaz we gaty maddalardan, gaty we suwuk maddalardan.

Suwuklykdan we çökündiden ybarat bolan sistema, suwuklykda gazlaryň eremegi we başgalar geterogen sistemalarydyr.

Himiýada erediji hökmünde iň köp ulanylýan madda suwdur. Ol analitiki himiýa üçin hem şeýledir. Suw (H_2O) juda gowşak elektrolit hökmünde aşakdaky ýaly dissosiasiýalanýar.



Görnüş i ýaly, suwda H^+ we OH^- toparlary bar. Şonuň üçin ol hem kislota hem-de esas häsiýetlerini ýüze çykarýar. Massalaryň täsir kanuny esasynda şeýle ýazylyar:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,8 \cdot 10^{-16}.$$

Bu ýerde $K_{\text{H}_2\text{O}}$ - suwuň elektrolitik dissosiasiýasynyň konstantasy. Dissosiasiýa geçmedik suwuň molekulalarynyň deňagramlylyk konsentrasiýalary aşakdaka deňdir:

$$[\text{H}_2\text{O}] = C_{\text{H}_2\text{O}} - [\text{H}^+] = C_{\text{H}_2\text{O}} - [\text{OH}^-].$$

Ýöne $[\text{H}^+]$ we $[\text{OH}^-]$ örän kiçidirler we olary hasaba almasak bolýar:

$$[\text{H}_2\text{O}] = C_{\text{H}_2\text{O}}.$$

Öz gezeginde 1 ℓ suwuň molunyň sany:

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1000}{18,015} = 55,5 \text{ mol } 18,015 \text{ MH}_2\text{O}.$$

Diýmek, $C_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_2\text{O}] = 55,5$.

Onda ýokarky formuladan

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_{\text{H}_2\text{O}}[\text{H}_2\text{O}] = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,5 = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol}$$

$[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ aňlatma **suwuň ion köpeltmek hasyly** diýilýär.

Ol K_w ululyga deňdir: $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w = 1 \cdot 10^{-14}$.

Bu ýerde haçan-da $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ bolanda

$$[\text{H}^+][\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-14}; \quad [\text{H}^+]^2 = 1 \cdot 10^{-14};$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{1 \cdot 10^{-14}} = 10^{-7} \text{ g-ion}/\ell.$$

Diýmek, $[H^+] = 10^{-7}$ we $[OH^-] = 10^{-7}$ g-ion/ ℓ bolanda erginde neýtral sreda bolýar. Olaryň biriniň artmagy beýlekisiniň peselmegine getirýär, sebäbi olaryň köpeltmek hasyly hemişe 10^{-14} bolup galmaly.

Meselem: $[H^+] = 10^{-5}$ g-ion/ ℓ . Tapmaly: $[OH^-]$. Onda şu aşakdakyny alýarys:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14};$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \text{ g-ion}/\ell.$$

Haçanda $[H^+] > [OH^-]$; $H^+ > 10^{-7}$ g-ion/ ℓ bolanda sreda turşy bolýar. Haçanda $[H^+] < [OH^-]$; $H^+ < 10^{-7}$ g-ion/ ℓ bolanda sreda aşgar bolýar. Diýmek, turşy sredada $[H^+]$ köp bolýar, aşgar sredada $[OH^-]$ köp bolýar. Şeýlelik bilen, $[H^+]$, $[OH^-]$ ionlarynyň konsentrasiýasynyň üsti bilen erginleriň kislotadygyny we aşgadygyny aňladyp bolýar. Ýöne ony has-da oňalyly etmek üçin wodorod görkezijisi pH diýilýän düşünje tejribede giňden ulanylýar. Ol bolsa şu aşakdaka deňdir:

$$pH = -\lg[H^+] = \lg \frac{1}{[H^+]}; \quad [H^+] = 10^{-pH}.$$

Ýagny wodorod görkezijisi bolan pH wodorod ionynyň konsentrasiýasynyň ters logarifmine deňdir. Meselem: $[H^+] = 10^{-3}$ bolsa, onda

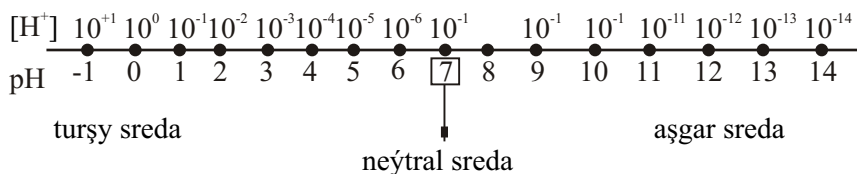
$$pH = -\lg [H^+] = -\lg 10^{-3} = -(-3) = 3 \text{ we ş.m.}$$

Şonuň üsti bilen gidroksid görkeziji bolan pOH ululygyny hem tapyp bilýäris. Sebäbi $pOH = -\lg[OH^-]$ ýa-da $pH + pOH = 14$; $pH = 14 - pOH$.

Ýöne tejribede pOH kän ulanylmaýar, köplenç, diňe pH peýdalanylýar. Onuň üsti bilen erginleriň sredasyny şeýle häsiýetlendirip bolýar:

Neýtral sredada	$pH=7$;	$[H^+] = 10^{-7}$ g-ion/ ℓ
Turşy sredada	$pH<7$;	$[H^+] > 10^{-7}$ g-ion/ ℓ
Aşgar sredada	$pH>7$;	$[H^+] < 10^{-7}$ g-ion/ ℓ .

Diýmek, erginiň sredasynyň üýtgeýşini şu aşakdaky shema boýunça aňladyp bolýar:



Mysallar:

1. Eger $[H^+] = 0,05 = 5 \cdot 10^{-2}$ g-ion/ ℓ bolsa, pH ululygyny tapmaly:

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 5 \cdot 10^{-2} = -\lg 5 - (-2\lg 10) = -0,7 + 2 = 1,3$$

$$pH = 1,3$$

$$pOH = 14 - 1,3 = 12,7$$

$$[H^+] = 5,2 \cdot 10^{-5}$$

$$pH = -\lg 5,2 \cdot 10^{-5} = -\lg 5,2 - (-5 \lg 10) = -0,72 + 5 = 4,28.$$

2. $pH = 2,3$ bolanda $[H^+]$ ululygyny tapmaly: $pH = -\lg[H^+]$

$$[H^+] = 10^{-pH} \text{ ulanýarys:}$$

$$[H^+] = 10^{-2,3} = 10^{-3} \cdot 10^{0,7} = 10^{-3} x$$

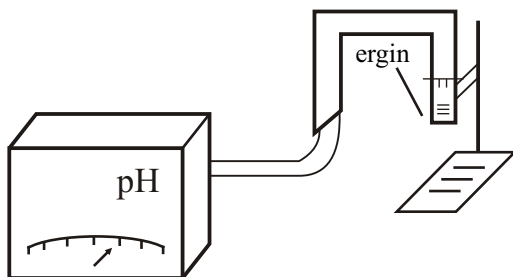
$$x = 10^{0,7}$$

$$\lg x = 0,7$$

$$x = 5.$$

Diýmek, $[H^+] = 5 \cdot 10^{-3}$ g-ion/ ℓ .

Erginleriň pH-y pH-metr diýilýän abzallar bilen ölçenilýär (2-nji surat). Suwly erginlerde haçan-da $[H]$ we $[OH]$ uly bahalara eýe bolanlarynda suwuň ionyny şeýle aňlatmaly:



2-nji surat.
Erginiň pH-ny ölçýji abzal pH-metr

$a_{H^+}, a_{OH^-}, H^+, OH^-$ – ionlaryň aktiwligi

$$a_{H^+} = f_{H^+} [H^+];$$

K_W – konstanta hakyky konsentrasiýasyny hasaba alýar, erginiň ion güýjüne bagly däl.

$$a_{H^+} = f_{H^+} [H^+]; a_{OH^-} = f_{OH^-} [OH^-]$$

$$K_W = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = f_{H^+} [H^+] \cdot f_{OH^-} [OH^-]$$

$$[H^+][OH^-] = \frac{K_W}{f_{H^+} \cdot f_{OH^-}} = \frac{K_W}{f_1^2}.$$

$$\text{Onda } K_W = [H^+][OH^-] = \frac{K_W}{f_1^2}$$

$f_{H^+} f_{OH^-}$, - aktiwlik koeffisiýenti. Himiki arassa suwda

$$K_W = K'_W = 10^{-14} \text{ sebäbi } a_{H^+} = [H^+]$$

$$a_{OH^-} = [OH^-] \text{ we } f_1 = 1.$$

Mälim bolşy ýaly, gowşak elektrolitler suwda eredilende ionlara dargaýarlar we oňa **elektrolitik dissosiasiýa** diýilýär. Şol üýtgeşmä hem reaksiýa hökmünde garap oňa deňagramlylygyň konstantasyny ulanyp bolýar we ol ululyga **elektrolitik dissosiasiýasynyň konstantasy** diýilýär.

Meselem:

a) bir esasly kislota üçin



$$K_{CH_3COOH} = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 1,82 \cdot 10^{-5};$$

b) 2 esasly kislota üçin



$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 4,13 \cdot 10^{-7}$$



$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = 4,70 \cdot 10^{-11}$$

Görnüşü ýaly, $K_1 > K_2$, diýmek, 1-nji başgançagyň dissosiasıýasy güýçli geçýär. Umumy eredilen maddanyň haýsy böleginiň ionlara dargamagyny aňladýan sana **elektrolitik dissosiasıýa-synyň derejesi** (α) diýilýär:

$$\text{Ol: } \alpha = \frac{C_{\text{dis}}}{C_{\text{umumy}}}.$$

Meselem: eger-de eredilen 0,1 mol maddanyň diňe 0,05 moly dissosiasıýa geçen bolsa onda α ululygy aşakdaka deňdir:

$$\alpha = \frac{0,05}{0,1} = \frac{5}{10} = 0,5.$$

ýa-da 100-e köpeltsek, $0,5 \cdot 100 = 50\%$ -e deňdir. Diýmek, eredilen maddanyň diňe 50%-i ionlara dargapdyr. Güýçli elektrolitlerde, köplenç, $C_{\text{dis}} = C_{\text{umumy}}$ we $\alpha = 1$.

Käbir şertler döretmek arkaly gowşak elektrolitleriň dissosiasıýasyna täsir edip bolýar. Tejribeleriň görkezişi ýaly, gowşak elektrolitleriň dissosiasıýasyny ergini gowşatmak arkaly gazanyp bolýar. Şonuň üçin bu ýagdaýda:

$$\alpha = \sqrt{K_{\text{HAn}} \cdot \frac{V}{m}}.$$

Bu ýerde V - erginiň göwrümi, m - elektrolitiň molunyň sany, K_{HAn} - berlen gowşak elektrolit dissosiasıýa konstantasy.

Elektrolitik dissosiasıýanyň derejesine (α) diňe ergini gowşatmak däl-de, eýsem ergine başga bir elektrolit goşmak hem uly täsir edýär. Şeýlelikde şunuň ýaly kanun ýüze çykýar: Gowşak elektrolitiň erginine güýçli elektrolitiň-güýçli kislotanyň ýa-da esasyň goşulmagy şol gowşak elektrolitiň dissosiasıýasyny peseldýär. Sebäbi $K_{\text{HAn}} = \frac{[\text{H}^+][\text{An}^-]}{[\text{HAn}]}$ aňlatma görä kislotanyň goşulma-

gy $[\text{H}^+]$ artmagyna getirýär. Bu bolsa öz gezeginde şol bir elektrolit üçin K_{HAn} hemişelik bolmaly bolansoň $[\text{An}^-]$ azalmagyna alyp barýar. Diýmek, gowşak kislotanyň HAn dissosiasıýasy

peselýär. Edil şunuň ýaly-da gowşak esasyň dissosiasiýasy peselýär, ýagny

$$K_{\text{KtOH}} = \frac{[\text{Kt}^+][\text{OH}^-]}{[\text{KtOH}]}.$$

4. BUFER ERGINLERINDÄKI DEŇAGRAMLYLYK

Haçan-da biz haýsy-da bolsa $[\text{H}^+]$ -yň bir konsentراسiýaly erginini alsak, aýdaly $0,001 \text{ n HCl}$ ($[\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ g-ion}/\ell$) we ony aýdaly 10 esse gowşatsak, onda wodorod ionynyň konsentراسiýasy hem 10 esse gowşar, ýagny $[\text{H}^+] = 10^{-4} \text{ g-ion}/\ell$ bolar. Tersine, eger başdaky ergine has konsentراسiýasy ýokary HCl goşsak onda $[\text{H}^+]$ köpeler.

Meselem: $0,001 \text{ n}$ ergine deň göwrümde $0,2 \text{ n HCl}$ goşsak, onda $[\text{H}^+]$ deň bolýar.

$$[\text{H}^+] = \frac{2 \cdot 10^{-1} + 10^{-3}}{2} \approx \frac{2 \cdot 10^{-1}}{2} \approx 10^{-1} \text{ g-ion}/\ell$$

ýa-da

$$\text{bu ýerde } \text{pH} = -\lg \cdot 10^{-1} = 1.$$

Diýmek, güýçli kislotalaryň ýa-da esaslaryň gowşadylan erginlerine suw, kislota ýa-da esas goşulsa, onda $[\text{H}^+]$ we $[\text{OH}^-]$ ýiti üýtgeýärler. Eger-de gowşak kislota we onuň duzlarynyň ýa-da gowşak esaslaryň we olaryň duzlarynyň suw erginlerini alsak we ergini gowşatsak onda $[\text{H}^+]$ we $[\text{OH}^-]$ üýtgemeyär.

Meselem: $[\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}]$; $[\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}]$ sebäbi $\left[\frac{\text{H}^+}{\text{OH}^-} \right]$ gatnaşyk üýtgemän galýar. Käbir erginler gowşadylanda wodorod ionlarynyň konsentراسiýasyny üýtgewsiz saklap bilmek ukybyna **bufer häsiýet** diýilýär. Şeýle erginlere bolsa, ýagny özünde bir wagtda gowşak kislota hem onuň du-zuny ýa-da gowşak esasy hem onuň duzuny saklaýan erginlere **bufer erginler** diýilýär. Şeýle erginleriň mysallary: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$, $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ we başgalar.

Bu erginleriň kömegi bilen erginiň $[H^+]$ ýa-da pH-yň bahasyny şol bir derejede üýtgetmän saklap bolýar. Ol bolsa aşakdaky sebäplere görä bolup geçýär. Aýdaly CH_3COONa bufer ergine güýçli esas $NaOH$ goşduk diýeli.

Onda gowşak elektrolit bolan suw emele gelýär:



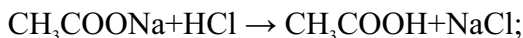
Harç bolan $[H^+]$ -yň deregine ýagny, güýçli esas suwa öwrülýär we pH üýtgemän galýar. Şonuň ýaly-da eger şol bufer erginiň üstüne güýçli kislota goşsak onda aşakdaky reaksiýa bolup geçýär:



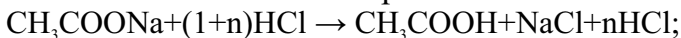
CH_3COOH -gowşak dissosiasýalaşan kislota emele gelýär, ýagny güýçli kislota HCl gowşak kislota CH_3COOH öwrülýär we $[H^+]$ üýtgemeyär. Emma bufer erginleriniň pH-y, hemişelik ululykda saklap bilmek ukyby çäksiz däldir. Bufer erginine güýçli kislota ýa-da güýçli esas aşa köp goşulsa, onda pH üýtgeýär. Onsoň hem bu ýagdaý dürli bufer erginleri üçin dürli-dürlüdür. Bufer erginiň buferlik ukyby, onuň buferlik sygymy bilen häsiýetlendirilýär. Bufer sygymy bufer erginiň pH-ny 1 birlige üýtgetmek üçin goşulmaly kislotaň ýa-da esasyň mukdaryny görkezýär (mol/ℓ, g-ekw/ℓ). Şol bir bufer ergini üçin bufer sygymy erginiň komponentleriniň konsentrasiýasy näçe ýokary bolsa ol hem şonça ýokarydyr.

Mysal: Eger-de CH_3COONa erginine HCl kislotasyny goşsak, nähili sreda bolar?

1. CH_3COONa we HCl ekwiwalent mukdara goşulan ýagdaýynda:



2. HCl ekwiwalent mukdardan köp alnan bolsa:



3. HCl ekwiwalent mukdardan az alnan bolsa: $(1+n)$



Birinji ýagdaýda erginiň pH-y emele gelen CH_3COOH konsentrasiýasynyň we dissosiasiýasynyň täsiri bilen döreýär, ýagny sreda gowşak turşy bolýar. Ikinji ýagdaý pH artykmaç HCl bilen kesgitlenýär we sreda turşy bolýar. Üçünji ýagdaýda sredanyň pH

şu gatnaşyga bagly bolýar: $\frac{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{C_{\text{CH}_3\text{COONa}}}$

Eger-de $\frac{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{C_{\text{CH}_3\text{COONa}}} > 1$ turşy;

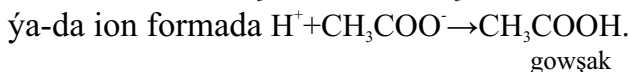
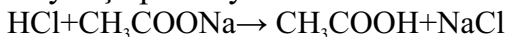
$\frac{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{C_{\text{CH}_3\text{COONa}}} = 1$ neýtral; $\frac{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{C_{\text{CH}_3\text{COONa}}} < 1$ aşgar

Bufer täsiriniň manysy

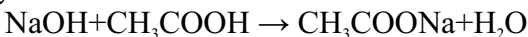
Bufer garyndysy (ergini)	Goşulan madda	Bufer ergininde bolup geçýän üýtgeşmeler
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ (pH 4,7)	H_2O	$\frac{C_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{C_{\text{CH}_3\text{COONa}}}$ üýtgemeýär, şonuň üçin pH üýtgemeýär
	HCl	$\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{CH}_3\text{COO}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cl}^-$ ýagny güýçli kislota HCl gowşak CH_3COOH kislota öwrülýär. Şonuň üçin pH üýtgemeýär.
	KOH	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{K}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{K}^+ + \text{H}_2\text{O}$ aşgar kislota bilen neýtrallaşýar we pH üýtgemeýär.
$\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ (pH 9,2)	H_2O	$\frac{C_{\text{NH}_4\text{OH}}}{C_{\text{NH}_4\text{Cl}}}$ üýtgemeýär, diýmek pH üýtgemeýär
	HCl	$\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ kislota ammiak bilen neýtrallaşýar, pH üýtgemeýär.
	KOH	$\text{KOH} + \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{KCl}$ güýçli aşgar KOH gowşak NH_4OH aşgara öwrülýär we pH üýtgemeýär

Analitiki himiýada, haçan-da reaksiýa pH-nyň bellibir baha-synda geçmeli bolanda bufer erginlerini köp ulanmaly bolýar. Meselem: okislenme-gaýtarylma reaksiýalarynda, sulfidler, gid-roksidler, karbonatlar, hromatlar, fosfatlar we başgalar çökdüri-lende. Olaryň käbirleriniň mysallary aşakda getirilen:

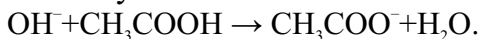
Asetat bufer ergini ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$; $\text{pH} \approx 5$) turşy we aşgar erginlerinde çökmeyän çökündileri almak üçin ulanylýar. Bu ýerde goşulýan güýçli kislotanyň güýjüni CH_3COONa aşak-daky reaksiýa boýunça peseldýär:



Güýçli esasyň güýjüni bolsa CH_3COOH aşakdaky reaksiýa boýunça peseldýär:



ýa-da ion formada



gowşak

Ammiak-ammoniy bufer ergini ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$; $\text{pH} \approx 9$).

Bu bariniň, stronsiniň kalsiniň ionlaryny çökdürmek, analiz etmek üçin ulanylýar.

Formiat bufer ergini ($\text{HCOOH} + \text{HCOONa}$), $\text{pH} \approx 12$.

Fosfat bufer ergini ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$), $\text{pH} \approx 8$.

Bufer garyndysynyň ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$) gowşak kislota-dan we onuň duzundan durýan wodorod ionlarynyň konsentra-siýasynyň hasaplamalary:

$$\text{Gowşak kislota üçin: } K_{\text{HAn}} = \frac{[\text{H}^+][\text{An}^-]}{[\text{H}_{\text{An}}]} \quad (1)$$

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

Eger-de bu kislota güýçli elektrolit KtAn goşulsa (CH_3COONa), onda $[\text{An}^-]$ köpeliýär. Güýçli elektrolit doly diýen ýaly dissosirleş-ýär: onda kabul etse bolar:

$$[\text{An}^-]_{\text{duzy}} = C_{\text{KtAn}} \cdot$$

Şeýlelikde, anionyň umumy konsentrasiýasy deňdir:

$$[An^-] = C_{KtAn} + [H^+].$$

Gowşak kislotanyň dissosiasiýa geçmedik molekulalarynyň deňagramlylyk konsentrasiýasy deňdir:

$$[HAn] = C_{HAn} - [H^+].$$

(1) deňlemä $[An^-]$ hem-de $[HAn]$ -i goýup we ony $[H^+]$ -a görä işläp, alarys:

$$K_{HAn} = \frac{[H^+]\{C_{KtAn} + [H^+]\}}{C_{HAn} - [H^+]};$$

$$[H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{C_{HAn} - [H^+]}{C_{KtAn} + [H^+]}$$

Eger-de $[H^+]$ -i gaty kiçidigini hasap etsek we ony drobuň üstünden we aşagyndan aýyrsak alýarys:

$$[H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{C_{HAn}}{C_{KtAn}} \quad \text{ýa-da} \quad [H^+] = K_{HAn} \cdot \frac{C_{\text{kislota}}}{C_{\text{duzy}}}$$

$$[H^+] = K_{CH_3COOH} \cdot \frac{C_{CH_3COOH}}{C_{CH_3COONa}}$$

Şeýle usul bilen gowşak esasdan we onuň duzundan durýan bufer garyndysynyň wodorod ionynyň konsentrasiýasy $[OH^-]$ -iň üsti bilen şeýle tapylýar:

$$\text{Ýokarka meňzeşlikde } [OH^-] = K_{KtOH} \cdot \frac{C_{\text{esas}}}{C_{\text{duzy}}} \quad (a)$$

$$[H^+][OH^-] = K_{H_2O} \quad \text{peýdalanýarys} \quad H^+ = \frac{K_{H_2O}}{[OH^-]}$$

Muňa (a) formuladan $[OH^-]$ bahasyny goýýarys:

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O}}{K_{\text{esas}} \cdot \frac{C_{\text{esas}}}{C_{\text{duzy}}}} = \frac{K_{H_2O} \cdot C_{\text{duzy}}}{K_{\text{esas}} \cdot C_{\text{esas}}};$$

Onda

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O} \cdot C_{\text{duzy}}}{K_{\text{esas}} \cdot C_{\text{esas}}}; \quad [H^+] = \frac{K_{H_2O} \cdot C_{NH_4Cl}}{K_{NH_4OH} \cdot C_{NH_4OH}}$$

Mysal: 1) $[0,1M CH_3COOH + 0,01M CH_3COONa]$ bufer erginindäki $[H^+]$ -y tapmaly:

$$[H^+] = K_{CH_3COOH} \frac{K_{CH_3COOH}}{K_{CH_3COONa}} = 1,82 \cdot 10^{-5} \frac{0,1}{0,01} =$$

$$= 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 10^1 = 1,82 \cdot 10^{-4} \text{ g - ion} / \ell.$$

2) $[0,01M NH_4OH + 0,1M NH_4Cl]$ bufer ergininiň pH-ny tapmaly:

$$[H^+] = \frac{K_{H_2O} \cdot C_{NH_4Cl}}{K_{NH_4OH} \cdot C_{NH_4OH}} = \frac{1 \cdot 10^{-14} \cdot 0,1}{1,81 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01} \approx \frac{1 \cdot 10^{-9}}{1,81} \cdot 10 =$$

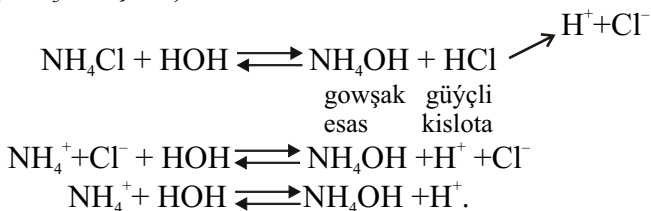
$$= 0,55 \cdot 10^{-8} = 5,5 \cdot 10^{-9} \text{ g - ion} / \ell.$$

$$\text{Onda } pH = -\lg[H^+] = -\lg 5,5 \cdot 10^{-9} = -\lg 5,5 - \lg 10^{-9} = 9 - 0,74 = 8,26.$$

5. DUZLARYŇ GIDROLIZI

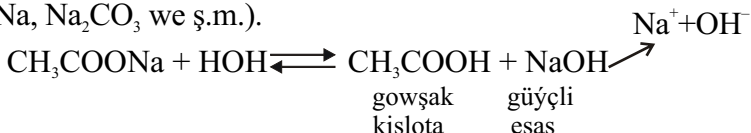
Köp halatlarda himiýada käbir duzlar şeýle hem käbir başga maddalar suwda eredilende erginiň pH-y üýtgeýär, ýagny aşgar ýa-da turşy sreda döreýär. Munuň esasy sebäbi şol duzlaryň suw bilen reaksiýa girip goşmaça kislota ýa-da esas döredýänligidir. Şunlukda, käbir duzlaryň suw bilen özara täsirleşende erginiň pH-ny üýtgemek häsiýetine **gidroliz** diýilýär. Gidroliziň terjimesi - suw bilen dargatmak diýmekdir. Ýöne gidrolize ähli duzlar däl-de, eýsem, şu aşakdakylar sezewar bolýarlar:

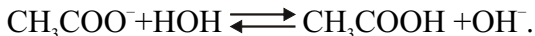
1. Güýçli kislotadan we gowşak esasan emele gelen duzlar (NH_4Cl , NH_4NO_3 we ş.m.).



Ýagny güýçli kislota emele gelýär we ergin turşy häsiýete eýe bolýar.

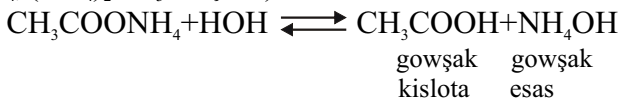
2. Gowşak kislotadan we güýçli esasan emele gelen duzlar (CH_3COONa , Na_2CO_3 we ş.m.).





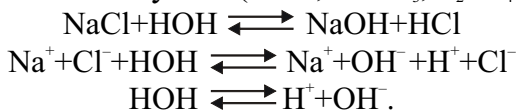
Reaksiya güýçli esas emele getirýär we ergin aşgar häsiýetini eýe bolýar.

3. Gowşak kislotadan we gowşak esasdan emele gelen duzlar ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ we ş.m.).



Bu ýerde emele gelen gowşak kislotanyň ýa-da esasyň haý-sysy beýlekä görä sähel güýçlüräk bolsa, şol hem erginiň sredasyny häsiýetlendirýär.

4. Güýçli kislotadan we güýçli esasdan emele gelen duzlar gidrolize sezewar bolmaýarlar (NaCl , NaNO_3 , K_2SO_4 we ş.m.).



Reaksiya neýtral, sebäbi emele gelýän kislotanyň we esasyň ikisinde güýçli we bir-birlerini neýtrallaşdyrýar.

Gidroliz hem öwrülişikli üýtgeşmedir. Şonuň üçin ol gidroliz derejesi ($\alpha_{\text{gidr.}}$) we gidroliziň konstantasy bilen häsiýetlendirilýär. Gidroliziň derejesi ($\alpha_{\text{gidr.}}$) bu duzuň gidrolizlenen böleginiň onuň umumy konsentrasiýasyna bolan gatnaşygyna deňdir:

$$\alpha_{\text{gidr}} = \frac{C_{\text{gidr}}}{C_{\text{umumy}}}.$$

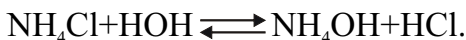
Mysal: 0,1 mol/l konsentrasiýaly NH_4Cl duzunyň gidrolizlenen bölegi 0,05 mol/l.

Onda

$$\alpha_{\text{gidr}} = \frac{0,05}{0,1} = 0,5 = 50\%.$$

Gidroliziň konstantasy onuň deňagramlylyk ýagdaýyny kesgitleýär.

Meselem:



Bu reaksiýa üçin ol aşakdaky ýaly tapylýar:

$$K_{\text{gidr}} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{HCl}]}{[\text{NH}_4\text{Cl}][\text{H}_2\text{O}]}; \quad K[\text{H}_2\text{O}] = K$$

$$K_{\text{gidr}} = \frac{[\text{NH}_4\text{OH}][\text{HCl}]}{[\text{NH}_4\text{Cl}]}$$

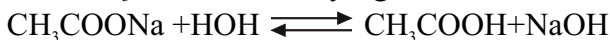
Gidroliz hadysasy himiýada, şeýle hem analitiki himiýada giňden ulanylýar.

Meselem: ol gidrolizlenende çökündi berýän käbir elementleri tapmak üçin ulanylýar.



Käbir ýagdaýda gidroliz peýdaly, käbir ýagdaýlarda bolsa zyýanly. Şonuň üçin gidrolizi käte güýçlendirmeli, käte bolsa ýatyrmany bolýar. Bu bolsa, esasan, Le-Şateliýeniň prinsipine görä amala aşyrylýar.

Meselem: CH_3COONa duzunyň gidrolizini



güýçlendirmek üçin ergine kislota goşmaly. Şonda ol kislota gidroliz sebäpli bölünip çykýan NaOH -y neýtrallaşdyrýar we reaksiýanyň deňagramlylygyny saga süýşürýär. Diýmek, gidroliz güýçlenýär. Eger-de şol ergine aşgar goşsak, onda onuň OH^- -yň konsentrasiasy köpeliýär we deňagramlylyk çepe süýşýär, ýagny gidroliz haýallaşýar ýa-da düýbünden togtapýar. Adatça, gidrolizi güýçlendirmek ýa-da gowşatmak üçin şu aşakdaky ýollar ulanylýar:

- 1) Ergine başga elektrolitleriň, ýagny duzlaryň, kislotalaryň, aşgarlaryň erginini goşmak arkaly;
- 2) Ergindäki duzuň konsentrasiasyny üýtgetmek arkaly;
- 3) Duzuň ergininiň temperaturasyny ýokarlandyrmak ýa-da peseltmek arkaly.

Erginiň konsentrasiasyny gowşatmak ýa-da temperaturasyny ýokarlandyrmak, köplenç, gidrolizi güýçlendirýär. K_{gidr} , X_{gidr} , α_{gidr} ululyklarynyň tapylyşynyň formulalary şu aşakdakylardyr:

Elektrolit	K_{gidr}	X_{gidr} duzuň gid-rolizleşen böleginiň konsentrasiýasy	α_{gidr}
Gowşak esas we güýçli kislota bilen emele gelen duz (NH_4Cl)	$\frac{K_W}{K_{\text{KtOH}}}$	$\sqrt{K_{\text{gidr}} \cdot C_{\text{KtAn}}} =$ $= \sqrt{\frac{K_W \cdot C_{\text{KtAn}}}{K_{\text{KtOH}}}}$	$\sqrt{K_{\text{gidr}} \frac{1}{C_{\text{KtAn}}}} =$ $= \sqrt{\frac{K_W}{K_{\text{KtOH}} \cdot C_{\text{KtAn}}}}$
Güýçli esas we gowşak kislota bilen emele gelen duz (CH_3COONa)	$\frac{K_W}{K_{\text{KtOH}}}$	$\sqrt{K_{\text{gidr}} \cdot C_{\text{KtAn}}} =$ $= \sqrt{\frac{K_W \cdot C_{\text{KtAn}}}{K_{\text{HAn}}}}$	$\sqrt{\frac{K_{\text{gidr}} \cdot C_{\text{KtAn}}}{C_{\text{KtAn}}}} =$ $= \sqrt{\frac{K_W}{K_{\text{HAn}} \cdot C_{\text{KtAn}}}}$
Gowşak esas we gowşak kislota bilen emele gelen duz ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$)	$\frac{K_W}{K_{\text{KtOH}} \cdot K_{\text{HAn}}}$	$C_{\text{KtAn}} \sqrt{K_{\text{gidr}}} =$ $= C_{\text{KtAn}} \sqrt{\frac{K_W}{K_{\text{KtOH}} K_{\text{HAn}}}}$	$K_{\text{gidr}} =$ $= \sqrt{\frac{K_W}{K_{\text{KtOH}} \cdot K_{\text{HAn}}}}$

K_W — suwuň ion köpeltmek hasyly ($1 \cdot 10^{-14}$).

Mysallar we meseleler

Gowşak esasyň we güýçli kislotanyň duzy.

1. NH_4NO_3 duzunyň gidroliziniň konstantasyny tapmaly ($t^\circ = 18^\circ\text{C}$):

Çözülişi:

$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{esas}}}$$



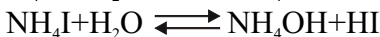
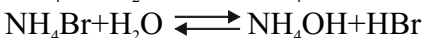
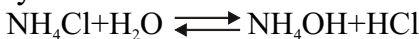
18°C -da:

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 0,74 \cdot 10^{-14}$$

$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,75 \cdot 10^{-5}.$$

$$\text{Onda } K_{\text{gidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{esas}}} = \frac{0,74 \cdot 10^{-14}}{1,75 \cdot 10^{-5}} = \frac{7,4 \cdot 10^{-15}}{1,75 \cdot 10^{-5}} = 4,23 \cdot 10^{-10}.$$

2. NH_4Cl , NH_4Br , NH_4I duzlarynyň (18°C) gidrolizleriniň konstantasyny tapmaly.



ýa-da umumy halda



Bularyň hemmesiniň gidroliziniň konstantasy bir meňzeşdir we şonuň üçin NH_4OH -niň görä K_{gidr} -na deňdir, ýagny $K_{\text{gidr}} = 4,23 \cdot 10^{-10}$ (18°C).

3. $0,05\text{N}$ NH_4NO_3 (18°C) erginiň wodorod ionlarynyň aktiwligini, pH ululygyny we gidroliz derejesini hasaplamaly:

Çözülişi: $K_{\text{NH}_4\text{O}} = 1,75 \cdot 10^{-5} > 1 \cdot 10^{-5}$ we $C_{\text{duz}} > 10^{-3}$, onda:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_{\text{gidr}} \cdot C_{\text{duz}}} = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{esas}}} \cdot C_{\text{duz}}}$$

$$K_{\text{gidr}} = 4,23 \cdot 10^{-10} (18^\circ\text{C})$$

$$\text{onda: } [\text{H}^+] = \sqrt{4,23 \cdot 10^{-10} \cdot 0,05} = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ g-ion}/\ell$$

$$\text{ion güýji: } \mu = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,05 + 1^2 \cdot 0,05) = 0,05.$$

Oňa degişli bolan $f_{\text{Ht}} = 0,81$ onda

$$a_{\text{H}^+} = f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = 0,81 \cdot 4,6 \cdot 10^{-6} = 3,72 \cdot 10^{-6} \text{ g-ion}/\ell$$

$$\text{pH} = -\lg 3,72 \cdot 10^{-6} = -\lg 3,72 + 6 = -0,5705 + 6 = 5,43.$$

Gidroliz derejesi

$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{C_{\text{NH}_4\text{NO}_3}} = \frac{4,6 \cdot 10^{-6}}{0,05} = 9,2 \cdot 10^{-5} = 9,2 \cdot 10^{-3} \%$$

$$\text{ýa-da } \alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot C_{\text{NH}_4\text{Cl}}}} = \sqrt{\frac{0,74 \cdot 10^{-14}}{1,75 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05}} \approx 9 \cdot 10^{-5} = 9 \cdot 10^{-3} \%.$$

4. 0,1n NH₄Cl eriginde pH ululygyny we gidroliz derejesini (α) tapmaly (18°C).

$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{NH}_4\text{OH}}} = \frac{0,74 \cdot 10^{-14}}{1,75 \cdot 10^{-5}} = 4,23 \cdot 10^{-10}$$

$$K_{\text{NH}_4\text{OH}} > 1 \cdot 10^{-5}; \quad C_{\text{NH}_4\text{Cl}} > 10^{-3}.$$

$$\text{Onda: } [H^+] = \sqrt{K_{\text{gidr}} \cdot C_{\text{NH}_4\text{Cl}}} = \sqrt{4,23 \cdot 10^{-10} \cdot 0,1} = 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ g-ion}/\ell$$

$$\mu = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,1 + 1^2 \cdot 0,1) = \frac{1}{2} \cdot 0,2 = 0,1$$

$$f_{H^+} = 0,78$$

$$a_{H^+} = [H^+] f_{H^+} = 6,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,78 = 5,07 \cdot 10^{-6} \text{ g-ion}/\ell$$

$$\text{pH} = -\lg 5,07 \cdot 10^{-6} = -\lg 5,07 + 6 = -0,7050 + 6 = 5,295.$$

$$\text{Gidroliz derejesi: } \alpha = \frac{[H^+]}{C_{\text{NH}_4\text{Cl}}} = \frac{6,5 \cdot 10^{-6}}{0,1} = 6,5 \cdot 10^{-5}$$

ýa-da $6,5 \cdot 10^{-3} \%$.

Gowşak kislota we güýçli esas bilen emele gelen duzuň gidroliziniň konstantasy:



$$K = \frac{a_{\text{OH}^-} \cdot a_{\text{HCN}}}{a_{\text{CN}^-} \cdot a_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$K \cdot a_{\text{H}_2\text{O}} = K_{\text{gidr}} = \frac{a_{\text{OH}^-} \cdot a_{\text{HCN}}}{a_{\text{CN}^-}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{kis}}}$$

$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{kis}}}$$

Mysal: CH₃COONa, CH₃COOK, NaCN, NaHCO₃, KHSO₄, NaHS duzlarynyň K_{gidr} ululygyny tapmaly:

$$K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,75 \cdot 10^{-5}; K_{\text{HCN}} = 7,2 \cdot 10^{-10};$$

$$K'_{\text{H}_2\text{SO}_3} = 4,3 \cdot 10^{-7}; K'_{\text{H}_2\text{SO}_3} = 1,7 \cdot 10^{-2}; K'_{\text{H}_2\text{S}} = 5,7 \cdot 10^{-8}$$

$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{kisl}}};$$

Çözülişi:

$$\text{a) } K_{\text{gidr}} = \frac{1,27 \cdot 10^{-14}}{1,75 \cdot 10^{-5}} = 7,25 \cdot 10^{-10};$$

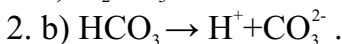
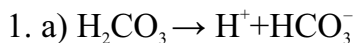
$$\text{b) } K_{\text{gidr}} = \frac{1,27 \cdot 10^{-14}}{7,2 \cdot 10^{-10}} = 1,76 \cdot 10^{-5};$$

$$\text{ç) } K_{\text{gidr}} = \frac{1,27 \cdot 10^{-14}}{4,3 \cdot 10^{-7}} = 2,94 \cdot 10^{-8};$$

$$\text{d) } K_{\text{gidr}} = \frac{1,27 \cdot 10^{-14}}{1,7 \cdot 10^{-2}} = 7,46 \cdot 10^{-12};$$

$$\text{e) } K_{\text{gidr}} = \frac{1,27 \cdot 10^{-14}}{5,7 \cdot 10^{-8}} = 2,23 \cdot 10^{-7}.$$

NaHCO_3 , KHSO_3 , NaHS konstantasy hasaplananda dissosiasiýanyň 1-nji basgançagyndaky K -nyň bahasy alynmaýar gidroliz 2-nji basgançak boýunça geçýär:



Mysal: 0,01M NaCN duzunyň ergininiň pH ululygyny we gidroliz derejesini tapmaly (25°C):

$$\mu = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0,01 + 1^2 \cdot 0,01) = 0,01$$

$$f_{\text{H}^+} = 0,89$$

$$K_{\text{gidr}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{kis}}} = \frac{1,27 \cdot 10^{-14}}{7,2 \cdot 10^{-10}} = 1,76 \cdot 10^{-5};$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_{\text{gidr}} \cdot C_{\text{NaCN}}} = \sqrt{1,76 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01} = \sqrt{17,6 \cdot 10^{-8}} = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion}/\ell$$

$$a_{\text{OH}^-} = 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,89 = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion}/\ell.$$

$$\text{pH} = \text{p}K_{\text{H}_2\text{O}} - (\text{pOH}) = 13,90 - (-\lg a_{\text{OH}^-}) = 13,90 - (-\lg 3,7 \cdot 10^{-4}) = 13,90 - \lg 3,74 = 13,90 - (0,5682 + 4) = 13,90 - 3,43 = 10,57$$

$$\text{pOH} = -\lg a_{\text{OH}^-} = -\lg 3,7 \cdot 10^{-4} = (-0,5682 + 4) = 3,43.$$

Gidroliz derejesi:

$$\alpha = \frac{[\text{OH}^-]}{C_{\text{NaCN}}} = \frac{4,2 \cdot 10^{-4}}{0,01} = 4,2 \cdot 10^{-2} = 4,2\%.$$

6. ERGIN WE ÇÖKÜNDİ ARASYNDAKY DEŇAGRAMLYLYK. EREÝJILIGIŇ KÖPELTMEK HASLY (EKH)

Dürli elementlerden ýa-da birleşmelerden durýan maddalaryň analizini ýerine ýetirmek üçin kesgitlenýän elementi şol ýa-da başga bir görnüşde bölüp çykarmaly bolýar.

Muny amala aşyrmak üçin analitiki himiýada dürli operasiýalar we usullar ulanylýar.

Olar:

1. Ereýjiligi pes bolan birleşmeleri çökdürmek usuly.
2. Elektrohimiýa ýol bilen bölmek usuly.
3. Ekstraksiýa usuly, ýagny kesgitlenýän maddanyň suw bilen garyşmaýan organiki suwuklyk bilen eredip almak usuly.
4. Gyzdyrmak arkaly kowmak usuly.
5. Hromatografiýa, ion çalyşma sorbentleri bilen bölüp çykarmak usuly we başgalar.

Şularyň içinde iň köp ýaýranlarynyň biri çökdürme usulydyr. Bu usulda kesgitlenýän element ýa-da birleşme ýörite çökdüriji maddalary goşmak arkaly suwda, kislotada ýa-da aşgarlarda eremeyän halyndaky çökündi hökmünde alynýar, soňra alnan çökündiniň hil we mukdar häsiýetlerine görä oňa baha berilýär. Şonda emele gelen çökündi her hili reňkde we görnüşde

bolup biler. Ýöne olar strukturasy boýunça esasy iki görnüşde bolýarlar: Kristal we amorf çökündiler. Kristal çökündiler bular bellibir struktura formasyna eýe bolýarlar we molekulasynda kristal gözenekleri bolýar. Amorf çökündilerinde bellibir struktura forma, kristal gurluş bolmaýar. Kristal çökündileriň geometrik görnüşlerini mikroskopyň astynda synlamak mümkindir. Şoňa görä-de kristal çökündileri erginden bölüp aýyrmak, meselem, süzmek arkaly, amorf maddalary bilen deňeşdireninde ýeňildir. Emele gelýän çökündileriň käbiri reňkleri boýunça hem tapawutlanýarlar:

Meselem: AgCl ak, BaSO_4 ak, BaCrO_4 sary, Fe(OH)_3 goňur reňkli we ş.m.

Çökdürme usuly, köplenç, bellibir şertlerde, ýagny bellibir temperaturada, pH-da, erginleriň konsentrasiýalaryna, çökdürjiniň mukdaryna baglylykda ýerine ýetirilýär. Emele gelen çökündiler öz aralarynda ujypsyz ereýjiligi bilen tapawutlanýarlar. Çökündi bilen ergin aralygynda geterogen ýagdaýyndaky himiki deňagramlylyk döreýär.

Meselem: $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$.

Deňagramlylyk ýagdaýynda deňagramlylyk konstantasyny şeýle aňlatsa bolýar;

$$K_{\text{AgCl}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl}]}$$

bu ýerde $[\text{Ag}^+]$, $[\text{Cl}^-]$, Ag^+ we Cl^- – ionlarynyň deňagramlylyk konsentrasiýalary. $[\text{AgCl}]$ – maddanyň gaty fazadaky konsentrasiýasy.

Geterogen sistemada $[\text{AgCl}]$ hemişelik ululyk, onda:

$$K_{\text{AgCl}} \cdot [\text{AgCl}] = \text{const} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-].$$

Ýagny doýan suwly erginde az ereýän maddanyň ionlarynyň konsentrasiýalarynyň köpeltmek hasyly hemişelik ululykdyr we oňa **ereýjiligiň köpeltmek hasyly (EKH)** diýilýär.

Diýmek: $\text{EKH}_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$.

Bu ýerde görnüşine görä bellibir şertlerde bir ionyň konsentrasiýasynyň köpelmegi beýleki ionyň konsentrasiýasynyň

azalmazgyna getirýär, çünki olaryň köpeltmek hasyly (EKH) şol bir ululykda bolmaly.

Meselem: ýokardaky mysalda Ag^+ ionlarynyň köpeldilmegi Cl^- ionlarynyň azalmazgyna getirýär ýa-da, tersine, dürli görnüşli az ereýji maddalaryň EKH bahalary himiki maglumatnamalarda getirilýär.

Kähalatlarda käbir erginler üçin konsentrasiýanyň deregine (a) aktiwligi ulanmaly bolýar. Munda aktiwligiň köpeltmek hasyly (AKH) ulanylýar we ol şeýle aňladylýar:

$$\text{AKH}_{\text{AgCl}} = a_{\text{Ag}} \cdot a_{\text{Cl}}.$$

Ýöne köp halatlarda ereýjiligi has pes bolan maddalar üçin $c=a$ diýip hasaplamak bolýar. Onda $\text{EKH} = \text{AKH}$ bolýar. EKH bahalary ähli az ereýän maddalar üçin ýörite getirilendir. EKH bahasynyň üsti bilen şol maddanyň ereýjiligini (E) bilip bolýar. Aýdaly aşakdaky iki komponentli ergin berlen bolsun:



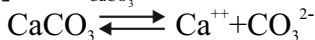
$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = [\text{AgCl}] = E_{\text{AgCl}}.$$

$$\text{Onda} \quad \text{EKH}_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+] [\text{Ag}^+] = [\text{Ag}]^2$$

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{\text{EKH}_{\text{AgCl}}}; E_{\text{KtAn}} = \sqrt{\text{EKH}_{\text{KtAn}}} \text{ mol/}\ell.$$

$$\textbf{Mysal:} \text{ aýdaly berlen bolsun } \text{EKH}_{\text{CaCO}_3} = 1,69 \cdot 10^{-3}.$$

Tapmaly: $[\text{Ca}^{++}][\text{CO}_3^{2-}]$ we E_{CaCO_3}



$$[\text{Ca}^{++}] = [\text{CO}_3^{2-}] \text{ we } E_{\text{CaCO}_3}$$

$$\text{EKH}_{\text{CaCO}_3} = [\text{Ca}^{++}][\text{CO}_3^{2-}] = [\text{Ca}^{++}][\text{Ca}^{++}] = [\text{Ca}^{++}]^2$$

$$[\text{Ca}^{++}] = \sqrt{\text{EKH}_{\text{CaCO}_3}} = \sqrt{1,69 \cdot 10^{-8}} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ g-mol/}\ell.$$

$$\text{Onda: } [\text{CO}_3^{2-}] = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ g-mol/}\ell$$

$$= [\text{Ca}^{++}] = [\text{CO}_3^{2-}] = 1,33 \cdot 10^{-4} \text{ mol/}\ell.$$

Eger-de madda Kt_2 , An tipli bolsa, aýdaly: Ag_2CrO_4 . Onda onuň dissosiasıýasy şeýle bolup geçýär:



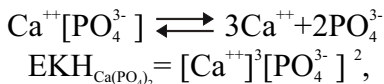
$$[\text{Ag}_2\text{CrO}_4] = \frac{[\text{Ag}^+]^2}{2} = [\text{CrO}_4^{2-}] \text{ ýa-da } [\text{Ag}^+] = 2[\text{CrO}_4^{2-}]$$

$$\text{EKH}_{\text{CaCO}_3} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = (2[\text{CrO}_4^{2-}])^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = 4[\text{CrO}_4^{2-}]^3$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \sqrt[3]{\frac{\text{EHK}_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}}{4}} = E_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}$$

ýa-da umumy görnüşde $E_{\text{KtAn}} = \sqrt{\frac{\text{EHK}_{\text{KtAn}}}{4}} \text{ mol}/\ell$.

Eger madda KtAn_2 görnüşde berlen bolsa, onda (meselem, HgI_2) formula ulanylýar (meselem CaF_2). Eger-de madda Kt_3An_2 görnüşde bolsa (meselem $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) onda onuň ereýjiligi şeýle tapylýar:



onda onuň ereýjiligi deň bolýar:

$$E_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = \sqrt[3+2]{\frac{\text{EKH}_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2}}{3^3 \cdot 2^2}}$$

ýa-da ereýjiligiň umumy formulasy:

$$E_{\text{KtaAnb}} = \sqrt[a+b]{\frac{\text{EKH}_{\text{KtaAnb}}}{a^a \cdot b^b}}.$$

Mysallar:

1. AgCl duzunyň doýan ergininde $[\text{Ag}^+]$ ionynyň konsentrasıyasy $10^{-5} \text{ mol}/\ell$ deňdir. Şonuň ýaly AgCl duzunyň ereýjiligi hem şoňa deň:

$$E_{\text{AgCl}} = C_{\text{AgCl}} = 10^{-5} \text{ mol}/\ell$$

ýa-da başgaça, g/ℓ görnüşinde:

$$C_{\text{AgCl}} = 10^{-5} \text{ M} \quad M_{\text{AgCl}} = 10^{-5} \cdot 143,3 = 0,001433 \text{ g}/\ell = 1,43 \text{ mg}/\ell.$$

Ag^+ ionynyň konsentrasıyasy g/ℓ -de deňdir:

$$[\text{Ag}^+] = C_{\text{AgCl}} = 10^{-5} \text{ mol}/\ell = 10^{-5} \cdot A_{\text{Ag}} = 10^{-5} \cdot 107,8 = 0,001078 \text{ g}/\ell = 1,078 \text{ mg}/\ell.$$

Şonuň ýaly-da $[\text{Cl}^-] = C_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+] = 10^{-5} \text{ mol}/\ell = 10^{-5} \cdot 35,5 = 0,000355 \text{ g}/\ell = 0,35 \text{ mg}/\ell$.

Öňki aýdyşymyz ýaly erginde haýsy-da bolsa bir ionyň konsentrasıyasynyň artmagy beýleki ionyň konsentrasıyasynyň peselmegine getirýär. Áydaly, ýokarky ergine goşmaça Cl^- ionyň birleşmesi, meselem, NaCl goşmaly we goşulýan Cl^- ionyň kon-

koncentraciýasy $[Cl^-]=0,1$ g-ion/ ℓ deň diýeli. Indi bu ýagdaýda Ag^+ -iň konsentrasiýasynyň bahasyny tapaly: $EKH_{AgCl}=[Ag^+][Cl^-]$.

$$\text{Bu ýerde } [Ag^+] = \frac{EKH_{AgCl}}{[Cl^-]} = \frac{10^{-10}}{0,1} = \frac{10^{-10}}{10^{-1}} = 10^{-9} \text{ g-ion}/\ell.$$

Diýmek, $[Ag^+]$ -iň konsentrasiýasy 10^{-5} g-ion/ ℓ bolanlygyndan 10^{-9} g-ion/ ℓ boldy, ýagny $\frac{10^{-9}}{10^{-5}} = 10^{-4} = 0,0001$ 10000 esse

azaldy. Tersine, $[Cl^-]$ -iň konsentrasiýasy 10^{-5} bolanlygyndan 10^{-1} çenli ulalyp $\frac{10^{-1}}{10^{-5}} = 10000$ esse köpeliýär. Uly zaryadly ionly elementleriň täsiri bolsa has-da güýçli bolýar.

Meselem: CaF_2 ergininiň EKH deňdir $EKH_{CaF_2}=[Ca^{+2}][F^-]^2$

$$[Ca^{++}] = \frac{EKH_{CaF_2}}{[F^-]^2},$$

ýagny $[F^-]$ 100 esse ulalyp, $[Ca^{++}]$ $100^2 = 10000$ esse kiçelmegine getirýär.

CaF_2 duzunyň suwda ereýjiliginini tapalyň:

$$EKH_{CaF_2} = 4,0 \cdot 10^{-11}$$



$$EKH_{CaF_2} = [Ca^{+2}][F^-]^2$$

$$E = [Ca^{+2}] = \frac{[F^-]^2}{2}$$

formula boýunça

$$E = C_{CaF_2} = \sqrt[3]{\frac{EKH_{CaF_2}}{1^1 \cdot 2^2}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^{-11}}{4}} = \sqrt[3]{10^{-11}} \approx 10^{-4}$$

ýa-da başgaça

$$C_{CaF_2} = 10^{-4};$$

$$M_{CaF_2} = 10^{-4} \cdot 78 = 0,0078 \text{ g/l} = 7,8 \text{ mg}/\ell;$$

$$[F^-] = 2 \cdot C_{CaF_2} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot M_{F^-} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 19 = 38 \cdot 10^{-4} = 0,0038 \text{ g}/\ell = 3,8 \text{ mg}/\ell.$$

Käbir maddalaryň EKH ululyklarynyň bahalary:

$$EKH_{AgI} = 8,3 \cdot 10^{-7}$$

$$EKH_{CaF_2} = 4,0 \cdot 10^{-11}$$

$$EKH_{CaSO_4} = 2,37 \cdot 10^{-5}$$

$$EKH_{Ca_3(PO_4)_2} = 2,0 \cdot 10^{-29}.$$

Mysal: ergin 1 ℓ-de 200 mg Ba²⁺ we 1 mg Pb²⁺ ionlaryny saklaýar. Eger-de şu ergine damjalap K₂CrO₄ duzunyň ergini goşulanda ilkinji bolup, haýsy maddalar çökýär: BaCrO₄ ýa-da PbCrO₄?

$$[Ba^{2+}][CrO_4^{2-}] = EKH_{BaCrO_4} = 2,4 \cdot 10^{-10}$$

$$[Pb^{2+}][CrO_4^{2-}] = EKH_{PbCrO_4} = 1,77 \cdot 10^{-14}.$$

Çözülişi: Ba²⁺ we Pb²⁺ ionlarynyň konsentراسiýalaryny tapalyň:

$$C_{Ba^{2+}} = \frac{0,2}{37,36} \text{ g-ion/ℓ} = [Ba^{2+}]$$

$$C_{Pb^{2+}} = \frac{0,001}{207,21} \text{ g-ion/ℓ} = [Pb^{2+}].$$

Indi CrO₄²⁻ ionlaryň BaCrO₄ çökündisini emele getirjek minimal konsentراسiýasyny tapýarys:

$$C_{CrO_4^{2-}} = \frac{EKH_{BaCrO_4}}{[Ba^{+2}]} = \frac{2,4 \cdot 10^{-10} \cdot 137,36}{0,2} = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ g-ion/ℓ}.$$

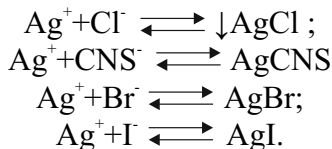
Diýmek, [CrO₄²⁻] ululygy BaCrO₄ çökündini emele getirmek üçin 1,6·10⁻⁷ g-ion/ℓ - den uly bolmaly.

Indi CrO₄²⁻ ionlarynyň PbCrO₄ çökündisini emele getirjek minimal konsentراسiýasyny tapýarys:

$$C_{CrO_4^{2-}} = \frac{EKH_{PbCrO_4}}{[Pb^{+2}]} = \frac{1,77 \cdot 10^{-14} \cdot 207,21}{0,001} = 3,7 \cdot 10^{-9} \text{ g-ion/ℓ}.$$

Diýmek, PbCrO₄ çökündisiniň emele gelmegi üçin CrO₄²⁻ az konsentراسiýasy gerek. Onda, PbCrO₄ çökündisi ilki emele gelýär, ýagny çökýär.

Mysal: Erginde Ag⁺ bar bolsa we oňa Cl⁻, CNS⁻, Br⁻, I⁻, S⁻ ionlaryny saklaýan ergin goşulanda haýsy reaksiýa iň duýgur hem doly geçýär.



Munuň üçin olaryň berýän çökündileriniň EKH-lerini deňeşdirýärlər:

$$\begin{aligned}\text{EKH}_{\text{AgCl}} &= 1,6 \cdot 10^{-10} \\ \text{EKH}_{\text{AgCNS}} &= 1,2 \cdot 10^{-12} \\ \text{EKH}_{\text{AgBr}} &= 7,7 \cdot 10^{-13} \\ \text{EKH}_{\text{AgI}} &= 1,3 \cdot 10^{-16} \\ \text{EKH}_{\text{Ag}_2\text{S}} &= 1,6 \cdot 10^{-49}.\end{aligned}$$

Indi çökündilerden soň galan Ag^+ ionlaryň konsentrasiýasyny tapýarys:

$$\begin{aligned}[\text{Ag}^+] &= \sqrt{\text{EKH}_{\text{AgCl}}} = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ g-ion}/\ell \\ [\text{Ag}^+] &= \sqrt{\text{EKH}_{\text{AgCNS}}} = \sqrt{1,2 \cdot 10^{-12}} = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ g-ion}/\ell \\ [\text{Ag}^+] &= \sqrt{\text{EKH}_{\text{AgBr}}} = \sqrt{7,7 \cdot 10^{-13}} = 8,8 \cdot 10^{-7} \text{ g-ion}/\ell \\ [\text{Ag}^+] &= \sqrt{\text{EKH}_{\text{AgI}}} = \sqrt{1,3 \cdot 10^{-16}} = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ g-ion}/\ell \\ [\text{Ag}^+] &= \sqrt[3]{2\text{EKH}_{\text{Ag}_2\text{S}}} = \sqrt[3]{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-49}} = 6,8 \cdot 10^{-17} \text{ g-ion}/\ell.\end{aligned}$$

Diýmek, Ag_2S çökündisi doly çökyär, sebäbi şonda erginde iň az Ag^+ iony galýar. ($6,8 \cdot 10^{-17} \text{ g-ion}/\ell$).

Umumy halda ereýjiligiň formulasynyň çykarylyşy şeýle:

$$\begin{array}{c} \text{KtAn}_b \rightleftharpoons \text{aKt} + \text{bAn} \\ \begin{array}{ccc} \text{x} & & \text{ax} \quad \text{bx} \end{array} \\ \text{EKH}_{\text{KtAn}_b} = [\text{ax}]^a \cdot [\text{bx}]^b = \text{a}^a \cdot \text{x}^a \cdot \text{b}^b \cdot \text{x}^b = \text{a}^a \cdot \text{b}^b \cdot \text{x}^{a+b}.\end{array}$$

Bu ýerden

$$\text{X}^{a+b} = \frac{\text{EKH}_{\text{KtAn}_b}}{\text{a}^a \cdot \text{b}^b}.$$

Ýa-da:

$$\text{X} = {}^{a+b}\sqrt{\frac{\text{EKH}_{\text{KtAn}_b}}{\text{a}^a \cdot \text{b}^b}}.$$

X bolsa maddanyň ereýjiligini E-ni mol/ ℓ -de aňladýar. Onda ereýjiligiň umumy formulasy:

$$E_{KtaAnb} = {}^{a+b} \sqrt{\frac{EKH_{Kta \cdot Anb}}{a^a \cdot b^b}} \text{ (mol/}\ell\text{)}.$$

7. KOMPLEKS BIRLEŞMELER

Köp sanly himiki birleşmeleriň arasynda ikileýin we kompleks birleşmeler uly orun tutýar. Ikileýin duzlaryň mysallary:

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -Moruň duzy;

$\text{K}_2\text{SO}_3 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ -demir-kaliý kwassylary;

$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -kaliý alýuminiý kwassylary;

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ -demir ammoniý kwassylary.

Bu duzlar durli duzlaryň molekulalarynyň özara birleşmesi zerarly emele gelyärler we suwda eredilende düzümindäki ionlaryň ählisine dargaýarlar.

Meselem:



Bu birleşmeler hem adatdaky duzlar ýaly özlerini alyp barýarlar. Emma bulardan tapawutlylykda kompleks birleşmeler başgaça häsiýetleri ýuze çykarýarlar. Kompleks birleşmeleriň mysallary:

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{Na}_2[\text{Co}(\text{NO}_2)_4]$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ we ş. m.

Bu duzlar suwda eredilende başgaça elektrolitik dissosiasiasyny ýuze çykarýar.



Şu ýerde Fe^{+3} , Co^{+3} -merkezi ion, kompleks emele getiriji, CN^- , NO_2^- -ligand (addend)

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-3}$, $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{-3}$ - kompleks ion.

Şular ýaly ionlaryň erginlerde ýa-da kristalda bolup bilýän çylşyrymly birleşmelerine kompleks birleşmeler diýilýär. Kompleks ionlar kwadrat skobka alynýar. Kompleks birleşmeleriň nazaryýetini alymlar A. Warner, A. A. Grinberg, L. A. Çugaew dagylar işläp duzýärler.

Kompleks ionlaryň beýleki ionlardan tapawudy bularyň içindeki ionlary erginde özbaşdak tapmak başartmaýar.

Meselem: $K_4[Fe(CN)_6]$ - kompleks birleşmesinde demir Fe^{++} iony özbaşdak däl-de, eýsem, $[Fe(CN)_6]^{-4}$ ionynyň düzüminde saklanýar.

Ähli kompleks birleşmelerde kompleks emele getiriji hökümünde kation hyzmat edýär. Kompleks emele getiriji ionlar: Co^{++} , Co^{+++} , Fe^{++} , Fe^{+++} , Ni^{++} , Zn^{++} , Mn^{++} , Hg^{++} , Cu^{+} , Cu^{++} , Cd^{++} , Ag^{+} , Au^{+} , Au^{+++} , Pt we başgalar.

Merkezi kompleks emele getiriji ionyň daşyndaky ligandlaryň sanyna koordinasion san diýilýär. Ol, adaty, 4, 6 we 2 bahalarda bolýar.

Kompleks ionyň zaryady kompleks emele getiriji ion bilen ligandlaryň zaryadlarynyň algebraik jemine deňdir.

Meselem: $K_4[Fe(CN)_6]$ kompleks birleşmesinde ol şeýle:
 $[Fe^{+2}(CN)_6^{-1}] = [Fe(CN)_6]^{-4}$.

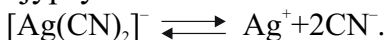
Beýleki duzlar ýaly, kompleks duzlary-da erginlerde ionlara aşakdaky tipde dargaýarlar:



Muňa elektrolitik **dissosiasıyanyň birinji basgançagy** diýilýär. Emma öz gezeginde kompleks ionyň özi hem elektrolitik dissosiasıya sezewar bolýar, ýöne gowşak ýagdaýda:



Muňa **ikinci elektrolitik dissosiasıya** diýilýär. Kompleksleriň durnuksyzlyk konstantasynyň tapylyşy. Aýdaly, berlipdir $K[Ag(CN)_2]$ kompleks duzy. Onda $[Ag(CN)_2]^{-}$ kompleks iony bar. Şol kompleks ion ujypsyz hem bolsa dissosiasıya geçýär:



Onda deňagramlylyk ýagdaýynda massalaryň täsiri kanunyny ulanyp ýazyp bilýäris:

$$K_{[Ag(CN)_2]^{-}} = \frac{[Ag^{+}][CN^{-}]^2}{[Ag(CN)_2]^{-}}.$$

Şu ýerde $K_{[Ag(CN)_2]^{-}}$ – ululygyna durnuksyzlyk konstantasy diýilýär. (K – durnuksyzlyk).

Onuň ters ululygyna, ýagny $\frac{1}{K[Ag(CN_2)]^-}$ - durnuklylyk konstantasy diýilýär.

Diýmek, K durnuksyzlyk näçe kiçi bolsa, kompleks ion şonça durnukly bolýar we tersine.

"K" ululygyny bilmek bilen kompleks emele getirijiniň we ligandyň ergindäki konsentراسiýasyny tapmak bolýar K ululygynyň bahalary durli konsentراسiýaly ionlar üçin ýörite maglumatnamalarda getirilýär.

Mysal: 1 M $[Ag(NH_3)_2]^+$ erginde kompleks emele getirijiniň Ag^+ , ligandlaryň NH_3 konsentراسiýalaryny tapmaly:

Çözülişi:



Deňagramlylyk ýagdaýy



Onda ýokarky deňlemede ornuna goýýarys:

$$K_{[Ag(NH_3)_2]^+} = \frac{[Ag^+][NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2]^+} = \frac{x \cdot (2x)^2}{1-x} = 5,89 \cdot 10^{-8}.$$

$[Ag^+]$ ululygy gaty az, şonuň üçin ýazyp bilýäris: $1-x = 1$.

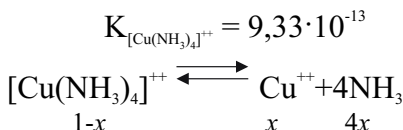
$$\begin{aligned} \text{Onda:} \quad & x \cdot (2x)^2 = 5,89 \cdot 10^{-8} \\ & 4x^3 = 5,89 \cdot 10^{-8} \end{aligned}$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{5,89 \cdot 10^{-8}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{58,9 \cdot 10^{-9}}{4}} = \sqrt[3]{14,72 \cdot 10^{-9}} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ g-ion/}\ell.$$

$$\begin{aligned} \text{Onda: } [Ag^+] &= x = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ g-ion/}\ell \\ [NH_3] &= 2x = 2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ g-ion/}\ell. \end{aligned}$$

Mysal: 1M $[Cu(NH_3)_4]^{++}$ ergininde kompleks emele getirijiniň Cu^{++} we erginde ligandyň NH_3 konsentراسiýalaryny tapmaly:

Çözülişi:



$$K_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{++}} = \frac{[\text{Cu}^{++}][\text{NH}_3]^4}{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{++}} = \frac{x \cdot (4x)^4}{1-x} = 9,33 \cdot 10^{-13}$$

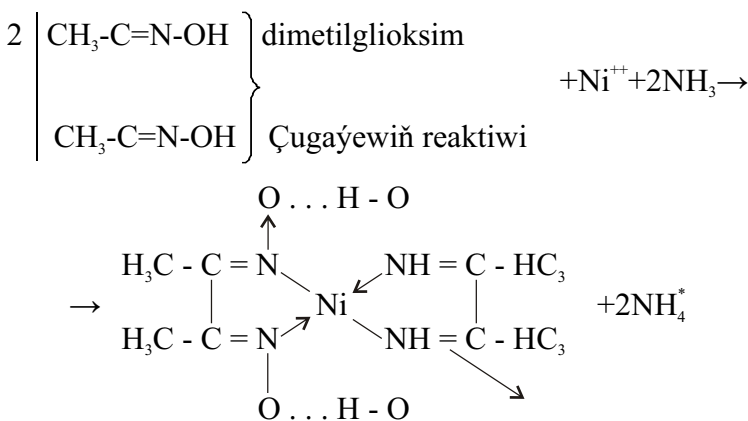
$$\begin{aligned} x \cdot (4x)^4 &= 9,33 \cdot 10^{-13} \\ 256 \cdot x^5 &= 9,33 \cdot 10^{-13} \end{aligned}$$

$$x = \sqrt[5]{\frac{9,33 \cdot 10^{-13}}{256}} = \sqrt{\frac{9,33 \cdot 10^{-15}}{256}} \approx 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ g-ion/}\ell.$$

Onda: $[\text{Cu}^{++}] = x = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ g-ion/}\ell$
 $[\text{NH}_4^+] = 4x = 4 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 5,2 \cdot 10^{-2} \text{ g-ion/}\ell.$

Içki kompleks birleşmeler.

Käbir organiki birleşmeler kompleks emele getirijileriň kationlary bilen birleşmelerinde özboluşly kompleksleri-içki kompleks birleşmelerini emele getirýärler. Munda kation organiki maddalaryň ligandalary bilen baş hem-de goşmaça baglanyşyk arkaly birleşýärler. Baş baglanyşyk tutuş çyzyk bilen, goşmaça baglanyşyk bolsa strelka bilen aňladylýar. Içki kompleks birleşmeleriniň biri dimetilglioksimiň (Çugaýewiň reaktiwiniň) nikel bilen emele getirýän birleşmesidir. Ol nikel bilen birleşende şu reaksiýa geçýär:



açyk al gyzyl reňkli nikeliniň dimetilglioksimaty.

Içki kompleks birleşmelerine başgaça **helatlar** diýilýär.

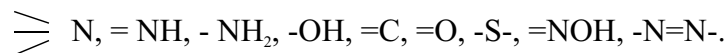
Bu kompleks birleşmeleriň emele gelmegi üçin organiki maddanyň funksional toparyndaky wodorod kompleks emele ge-

tiriji kation tarapyndan gysylp çykarylmalý hem-de şol madda-da kation bilen koordinasion baglanyşyk arkaly baglanyşyp biljek funksional topar bolmaly. Olar, esasan, şular:

a) gysylp çykarylмага wodorody bolan funksional toparlar:

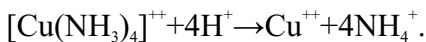
- COOH - karboksil
- OH - gidroksil
- =NOH - oksin
- SO₃H - sulfon
- NH₂ - birinji amino topar
- =NH - ikinji amino topar
- SH - gidrosulfid.

b) koordinasion baglanyşyk bolup biljek funksional toparlar:



Kompleks ionlary kähalatlarda has berkitmek ýa-da dargatmak gerek bolýar, sebäbi käbir kompleks ionlar gaty berk we durnukly bolýarlar, käbirleri bolsa örän durnuksyz bolýar. Şonuň üçin analitiki himiýada şolaryň ikisini-de gazanmak käte gerek bolýar. Dargatmak üçin kompleks ionyň dissosiasıýasyny güýçlendirmeli. Onuň her hili ýollary bar: ergini gowşatmak, kislota ýa-da aşgar goşmak, okislendirmek, gyzdymak we ş.m.

Meselem: $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{++}$ kompleks ionyny kislota artyk goşmak bilen dargatmak aňsat:



Kompleks emele getirmek usul himiki analizde dürli mak-satlar üçin giňden ulanylýar:

- 1) pes ereýji çökündileri almak üçin:
- 2) ionlary maskirowka etmek üçin:
- 3) eremeýän maddany eretmek üçin:
- 4) birleşmeleriň kislota häsiýetlerini üýtgetmek üçin:
- 5) birleşmeleriň okislenme-gaýtarma häsiýetlerini üýtgetmek üçin.

Meselem: O-oksihinolin (oksin)

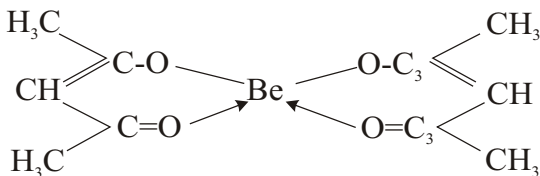
$\text{C}_9\text{H}_6\text{NOH}$ Al -ionlary bilen ýaşyl-sary çökündi berýär-alýu-miniň oksihiolýaty $(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}_3)_3\text{Al}$.

Bu ýerde OH -yň wodorody Al tarapyndan gysylyp çykarylýar. Şol bir wagtda $Al=N$ bilen koordinasion baglanyşýar. Asetilaseton



Be, Al, Cr, Fe, Cu, Co we beýleki ionlar bilen degişli asetilasetonatlary emele getirýär.

Meselem:



Berilliniň asetilasetonaty.

1) köp kationlar kompleks ionlar bilen pes ereýän çökündileri emele getirýärler:

Olardan:

$K^+(K_2[Co(NO_2)_6])$ - sary çökündi;

$Fe^{+++}(Fe_4[Fe(CN)_6])$ - gök çökündi;

$Fe^{++}(Fe_3[Fe(CN)_6]_2)$ - gök çökündi;

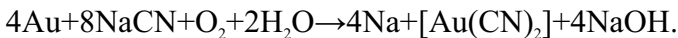
$Cu^{++}([Cu(NH_3)_4])(OH)_2$ - gök çökündi;

↓

$Cu_2[Fe(CN)_6]$ - gyzyň çökündi.

Kompleks birleşmeler käbir reaksiýany geçirmäge päsgel berýän başga ionlary maskirowka etmäge ulanylýar. Meselem, Fe^{+++} iony beýleki ionlary kesgitlemäge päsgel berýär. Şonuň üçin Fe^{+++} ionyny başga maddany meselem, fosfor kislotasyny goşmak bilen maskirowka edýärler. Şonda reňksiz we berk kompleks $[Fe(PO_4)_2]^{--}$ emele gelýär. Fe^{+++} iony berk izolirlenýär. Käbir çökündiler ýa-da maddalar bolýar, olar hiç bir maddada, şol sanda kislotada hem eremeýärler, meselem, şol maddalary kompleks emele getirmek arkaly eretmek bolýar. Munuň üçin $AgCl$ ýa ş.m. maddalary saklaýan $(AgBr, AgI) (NH_4)_2CO_3 + NH_4HCO_3$ erginiň

garyndysyny goşmaly. Şonda Ag Cl eremek arkaly kompleks birleşme emele getirýär $[Ag(NH_3)_2]Cl$. Hatda Au we Ag metallary aşgar metallaryň sianidlerinde ereýärler:



Şu usul bilen altyn magdanlaryndan altyn çykarylýar.

Erginleriň kislota ýa-da okislenme-gaýtarma häsiýetlerini hem şol reaksiýa gatnaşýan haýsy bolsa bir maddany kompleks ionyň kömegi izolirläp, onuň öňki aktiwligini aýyrmak amala aşyrylýar.

Meselem: $2Fe^{+++} + 2J^- = 2Fe^{++} + I_2$ reaksiýany haýallatmagy, ýagny çepe süýşürmegi, kompleks emele getirmek arkaly amala aşyryp bolýar:



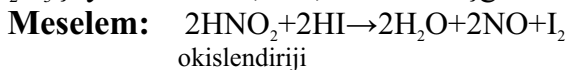
8. ANALITIKI HIMIÝADA OKISLENME-GAÝTARYLMA REAKSIÝALARYŇ NAZARYÝETI

Size umumy himiýadan mälim bolşy ýaly, okislenme-gaýtarylma reaksiýalar himiýada, şol sanda analitiki himiýada uly ähmiýete eýedir. Bu reaksiýalar elektronlaryň bir maddadan beýleki madda geçmegi bilen bolup geçýär. Şeýlelikde, elektronlary berýän madda **gaýtaryjy**, elektronlary alýan madda bolsa **okislendiriji** diýilýär.

Gaýtaryjy okislenýär, okislendiriji bolsa gaýtarylýar. Umuuman bu reaksiýalara **okislenme-gaýtarylma reaksiýalar** diýilýär.

Analitiki himiýada ulanylýan esasy okislendirijiler: H_2O_2 , Na_2O_2 , $KClO_3$, $Na_2S_2O_8$, $(NH_4)_2S_2O_8$, HNO_3 , $NaClO_3$, MnO_2 , $NaBrO_3$, Pb_3O_4 , PbO_2 , Na_2CrO_4 , $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$, KIO_3 , $NaBrO_3$ şeýle hem ionlar: Ag^+ , Hg^{++} , Cu^{++} , Fe^{+++} we başgalar. Şeýle hem käbir maddalar reaksiýanyň şertine görä hem okislendiriji hem gaýtaryjy bolup bilýärler: H_2O_2 , H_2SO_3 , HNO_3 , S we başgalar.

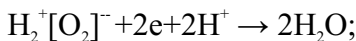
Esasy gaýtaryjylar: Zn, Fe, Al, H_2O_2 , $SrCl_2$, H_2S , H_2SO_3 , HI, $Na_2S_2O_3$ şeýle hem Fe^{++} , T^{+++} , Cr^{++} we başgalar.



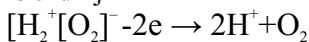


gaýtaryjy $\rightarrow$

Şular ýaly hem okislendiriji hem gaýtaryjy bolup bilýän birleşmeler öz-özünden okislenip we gaýtarylyp bilýärler:

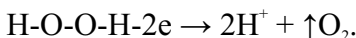


okislendiriji

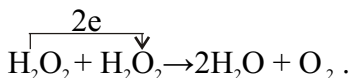


gaýtaryjy

ýa-da onuň shemasy

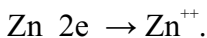


Onuň özüni şeýle alyp barmagy, esasan, sreda we başga faktorlara baglydyr. Şular ýaly maddanyň hem okislenme, hem gaýtarma reaksiýalaryna **disproporsionirleşme reaksiýalary** diýilýär. Netijede:

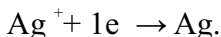
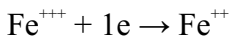


Metallar, metal däller we olaryň çylşyrymly ionlary özleriniň zarýadlaryna görä ýa gaýtaryjy ýa-da okislendiriji bolup çykyş edýärler.

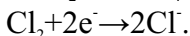
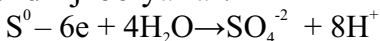
1. Erkin metallar diňe elektron berýär we gaýtaryjy bolýarlar:



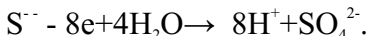
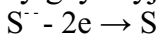
2. Metallaryň ionlary elektrony kabul edýärler we okislendiriji bolup bilýärler:



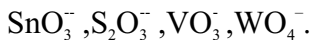
3. Metal däl elementler hem başky ýagdaýyna görä ýa gaýtaryjy, ýa-da okislendiriji bolýarlar:



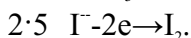
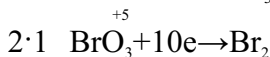
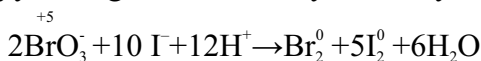
4. Metal dälleriň ionlary gaýtaryjy bolup bilýärler:



Şonuň üçin köp walentligi ýüze çykarýan elementleriň zarýadlaryna görä köp görnüşli birleşmeleri we çylşyrymly ionlary emele getirýärler:



Özüňize mälim bolşy ýaly okislenme-gaýtarylma reaksiýalarynda esasy meseleleriň biri-de reaksiýanyň deňlemesini düzmekdir. Ony siz eýýäm organiki däl himiýadan bilýärsiňiz:



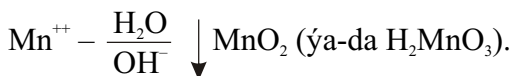
Okislenme-gaýtarylma reaksiýalary analitiki himiýada giňden ulanylýar:

1. Elementleriň okislenme derejesini üýtgetmek üçin, ýagny ýokary formadan aşak forma, ýa-da, tersine geçmek üçin.

2. Fe^{++} ionlaryny Fe^{+++} ionlaryna geçirmek üçin, haçanda Fe^{++} ionlary beýleki analiziň gidişine päsgel berýän bolsa.

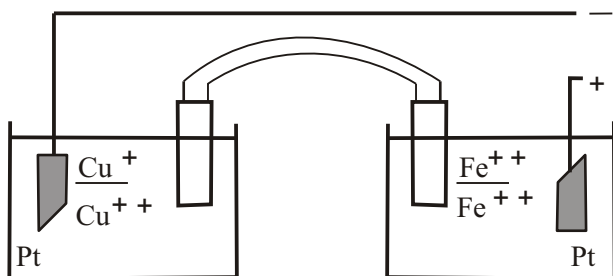
3. Käbir okislendirijiler ýa-da gaýtaryjylar bilen reaksiýa girýän ionlary almak üçin:

4. Okislenende ýa-da gaýtarylma çökündi emele getirýän ionlary bölmek üçin:

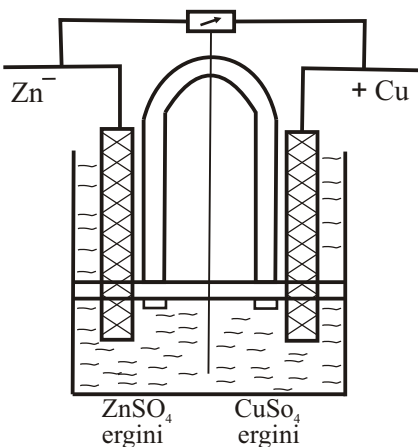


5. Köp sanly maddalary mukdar taýdan kesgitlemek üçin. Okislenme-gaýtarylma reaksiýalarynyň ugrunyň kesgitlenişi.

Munuň üçin okislenme-gaýtarylma reaksiýa geçýän galwaniki elementiň shemasyny düzeliň (3-nji surat).



3-nji surat.
Galwaniki elementiň shemasy



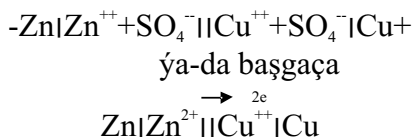
4-nji surat.
Zn/Zn⁺⁺//Cu⁺⁺/Cu galwaniki
elementiň shemasy

Şunda şeýle reaksiýalar bolup geçýär:



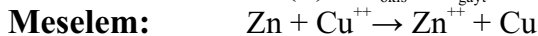
Birinji Pt elektrodda elektronlar ýygnaýar we elektrod (-) zaryadlanýar. Beýleki Pt elektrodyna bolsa položitel ionlar (Fe⁺⁺) ýygnaýarlar we elektrod (+) zaryadlanýar. Eger-de şu zynjyry birleşdirsek, onda elektrik hereketlendiriji güýji (EHG) ýüze çykýar. Bu ýerde elektronlar Cu⁺/Cu⁺⁺ - erginden beýleki ergine geçýär. Şunuň ýaly-da eger-de Zn we Cu elektrodларыny

ulansak, hem-de olary özleriniň **duzuna ýerleşdirsek** onda şu shema emele gelýär (4-nji surat).



Şeýlelikde şu ýerde EHG güý-j-i döreýär ýagny oňa **potensiallaryň tapawudy** diýilýär. Dürli hilli okislenme-gaýtarma reaksiýalarynyň netijeleri wodorod elektrodyň [2H⁺/H₂] potensialy bilen deňeşdirilýär. Adatça, ony 0-a deň diýlip alynýar. Beýleki her hilli okislenme-gaýtarma reaksiýalaryň döredýän ionlarynyň ýa-da molekulalarynyň normal elektrod potensiallary ýörite tablisalarda getirilýär. Şonda umumy zynjyrdaky EHG ululgyny kesgitlemek üçin okislendirijiniň potensialyndan gaýtaryjynyň potensialyny aýyrýarlar: EHG

$$(E) = E_{\text{okis}} - E_{\text{gaýt.}}$$



$$\text{EHG} = 0,3448 - (-1,7620) = 1,1068 \text{ W}.$$

Käbir maddalaryň normal okislenme-gaýtarma potentsiallary ýörite maglumatnamalarda getirilýär.

Meselem: $E^0_{2H^+ / H_2} = 0$ -a görä käbir sistemalaryň E^0

Okislendiriji	+ne	Gaýtaryjy	E^0 , wolt
K^+	+e	K	-2,922
Ca^{2+}	+2e	Ca	-2,87
Al^{3+}	+3	Al	-1,67
Zn^{2+}	+2e	Zn	-0,762
S	+2e	S^{2-}	-0,508
Fe^{++}	+3e	Fe	-0,036
$2H^+$	+2e	H_2	-0,000
Sn^{+4}	+2e	Sn^{2+}	+0,15
I_2	+2e	$2I^-$	+0,5345
Fe^{3+}	+1e	Fe^{++}	+0,771
Br	+2e	$2Br^-$	+1,0652
Cl_2	+2e	$2Cl^-$	+1,3583
Au^+	+1e	Au	+1,68
F_2	+2e	$2F^-$	+2,85
$-MnO_4^- + 8H^+$	+5e	$Mn^{++} + 4H_2O$	+1,52

Şu tablisadaky bahalary boýunça aşakdaky netijeleri çykaryp bolýar:

1. Kadaly potentsialy $E^0_{2H^+ / H_2}$ -den kiçi bolsa metallar H-y kislotalardan gysyp çykaryp bilýär.
2. E kiçi bolan metal E uly bolan metaly onuň duzundan gysyp çykarýar.
3. Iň güýçli gaýtaryjylar-aşgar we aşgar ýer metallary, iň pes bolsa–asyl metallar we galogenler.
4. Iň güýçli okislendirijiler bolsa galogenlerdir, metallaryň ionlarydyr. Şu tablisa boýunça islendik sistemanyň okislenme-gaýtarma potentsialyny ýagny berlen jübütini tapyp bolýar. Okislenme-gaýtarma potentsialyny deňeşdirip haýsynyň güýçli okislendiriji, haýsysynyň bolsa gaýtaryjydygyny kesgitlep bolýar. Emma kadaly okislenme-gaýtarma potentsiallary bular diňe, haçanda şol maddalaryň ergindäki konsentrasiýasy, has takygy-

aktiwligi, bire deň bolandakydyr. Beýleki ýagdaýlarda okislenme potensiallary konsentrasiýa baglydyr. Ol baglanyşyk şu aşakdaky deňleme boýunça aňladylýar:

$$E = E^{\circ}_{\text{okis-gayt}} + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \cdot \frac{[\text{okis}]}{[\text{gayt}]}.$$

Bu ýerde: E – hakyky okis-gaýt. potensialy (W), $E^{\circ}_{\text{okis-gaýt}}$ kadaly. okis-gaýt. potensialy (W), R – gaz hemişeligi (8,314 J), T – erginiň absolýut temperaturasy (K), n berilýän ýa-da kabul edilýän elektronynyň sany, F –Faradeýiň sany, (96500 Kulon), $[\text{okis}]$ – okislenen görnüşiniň konsentrasiýasy, $[\text{gayt}]$ –gaýtarylan görnüşiniň konsentrasiýasy.

Ýa-da olaryň bahalaryny goýmakdan soň:

$$E = E^{\circ}_{\text{okis-gayt}} + \frac{8,314 \cdot 298 \cdot 2,303}{n \cdot 96500} \cdot \lg \cdot \frac{[\text{okis}]}{[\text{gayt}]} \quad \text{ýa-da}$$

$$E = E^{\circ}_{\text{okis-gayt}} + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \cdot \frac{[\text{okis}]^a}{[\text{gayt}]^b}.$$

Haçan-da

$[\text{okisl.}] = [\text{gayt.}] = 1$ bolanda

$\lg \frac{1}{1} = \lg 1 = 0$. Onda $E = E^{\circ}$.

Muňa Nernstiň formulasy diýilýär.

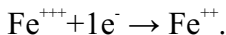
Eger-de okislenme-gaýtarma reaksiýa H^+ ionlary hem gatnaşýan bolsa, onda olar hem deňlemä girýär.

$$E = E^{\circ}_{\text{okis/gayt}} + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \cdot \frac{[\text{okis}]^a \cdot [H^+]^m}{[\text{gayt}]^b}.$$

Bu ýerde a, b, m -okislendirijiniň, gaýtaryjynyň we H^+ ionlaryň ýanyndaky koeffisiýentleriň san bahalary.

Okislenme-gaýtarma reaksiýalarynyň hasaplanyşy:

1-nji mysal. Aşakdaky deňlemäniň Okislenme-gaýtarma potensialyny tapmaly:

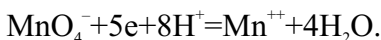


Eger-de: $[Fe^{+++}] = 0,005 \text{ g-ion}/\ell$ - okislendiriji;

$[\text{Fe}^{++}] = 0,1 \text{ g-ion}/\ell$ gaýtaryjy bolsa.

$$\begin{aligned} E &= E_{\text{Fe}^{+++}/\text{Fe}^{++}}^0 + \frac{0,059}{1} \cdot \lg \cdot \frac{0,005}{0,1} = 0,771 + 0,059 \lg \frac{0,005}{0,1} = \\ &= 0,771 + 0,059 \lg 0,05 = 0,771 + 0,059 \cdot (\lg 5 \cdot 10^{-2}) = \\ &= 0,771 + 0,059 \cdot (0,7 - 2) = 0,771 + (-0,059) \cdot 1,3 = \\ &= 0,771 - 0,0767 = 0,6943 \text{ Volt}. \end{aligned}$$

2-nji mysal. Aşakdaky sistemanyň okislendiriji potensialy-ny tapmaly:



Eger-de $[\text{H}^+] = 10^{-1} \text{ g-ion}/\ell$

$[\text{MnO}_4^-] = [\text{Mn}^{++}] = 1 \text{ g-ion}/\ell$ bolsa:

Çözülişi:

$$E = E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{++}}^0 + \frac{0,059}{5} \cdot \lg \cdot \frac{[\text{MnO}_4^-] [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{++}]};$$

Tablisadan tapýarys: $E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{++}}^0 = 1,52 \text{ Volt}$. Onda:

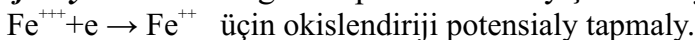
$$\begin{aligned} E &= 1,52 + \frac{0,059}{5} \cdot \lg \cdot \frac{1 \cdot (10^{-1})^8}{1} = 1,52 + \frac{0,059}{5} \lg 10^{-8} = \\ &= 1,52 + \frac{0,058}{5} (-8) = 1,52 + 0,059 \cdot (-1,6) = 1,52 - 0,094 = 1,41 \text{ Volt}. \end{aligned}$$

Eger-de erginde köp zarýadly ionlaryň E ululygy tapylsa, onda konsentrasiýanyň deregine aktiwlik goýulýar:

$$\begin{aligned} E &= E_{\text{okis/gayt}}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \cdot \frac{a_{\text{okis}}}{d_{\text{gayt}}} = \\ &= E_{\text{okis/gayt}}^0 + \frac{0,059}{n} \cdot \lg \cdot \frac{[\text{okis}] f_{\text{okis}}}{[\text{gayt}] f_{\text{gayt}}}. \end{aligned}$$

Bu ýerde f - aktiwlik koeffisiýenti.

3-nji mysal. Aktiwligi hasap etmek arkaly şu reaksiýa:



haçan-da

$$\frac{[\text{Fe}^{+++}]}{[\text{Fe}^{++}]} = \frac{10}{90} = 10^{-1} \quad \text{we} \quad \frac{[\text{Fe}^{+++}]}{[\text{Fe}^{++}]} = \frac{99,9}{0,1} = 10^{-3}$$

we $\mu=0,1; f_{\text{Fe}^{+++}} = 0,008; f_{\text{Fe}^{++}\text{gayıt}} = 0,33$

bolanda değışlilikde:

$$E_1 = 0,771 + 0,059 \cdot \lg\left(\frac{10}{90} \cdot \frac{0,08}{0,33}\right) = 0,771 + 0,059 \cdot (-1,5686) = 0,679 \text{ Volt.}$$

$$E_2 = 0,771 + 0,059 \cdot \lg\left(\frac{99,9}{0,1} \cdot \frac{0,08}{0,33}\right) = 0,771 + 0,059 \cdot 2,3838 = 0,9126 \text{ Volt.}$$

9. HİL ANALİZİNİŇ HIMIKI WE FİZİKİ-HIMIKI USULLARY

Maddalaryň hil analizini ýerine ýetirmek üçin şu wagta çenli ge-
çilen materiallar esasynda şu aşakdaky himiki usullar ulanylýar:

1. Çökdürmek usuly- her hili reňkli çökündini almak:

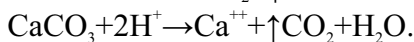
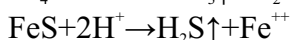
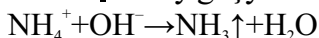
CaCrO_4 – ak,

$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ – gök,

CuS – gara,

HgI_2 – gyzyl we ş.m.

2. Gaz emele getirmek arkaly geçýän reaksiýalar:



3. Gowşak elektrolitleri emele getirmek arkaly geçýän
reaksiýalar CH_3COOH , H_2F_2 , NH_4OH , HgCl

4. Kislota-esas täsirleşme reaksiýalary.

5. Kompleks emele gelme reaksiýalary.

6. Okislenme-gaýtarylma reaksiýalary.

7. Ion çalyşma reaksiýalary.

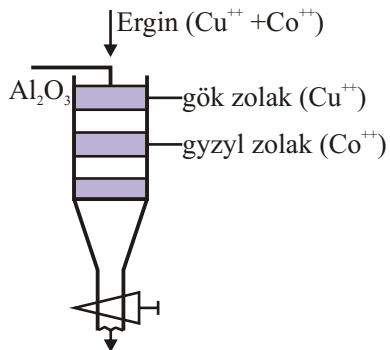
8. Katalitiki reaksiýalar.

Himiki usullardan başga-da birnäçe fiziki usullar hem ula-
nylýar:

1. Spektral hil analizi. Bu usulyň manysy kesgitlenýän mad-
danyň gyzdyrylanda bölünip çykýan (emissiýa) spektrlerini syn-
lamakdan ybaratdyr.

2. *Lýuminessensiýa* (flýuores-sensiýa) hil analizi. Bu usul ult-ramelewşe şöhleleriň täsirinden döreyän şöhlelenmäni ulanmak-lyga esaslanýar.

3. *Rentgenostruktura analizi*. Bu usul rentgen şöhleleriniň kö-megi bilen maddanyň struktura-syny we ondaky ionlaryň, mole-kulalaryň ýerleşmegini kesgitle-meklige esaslanýar.



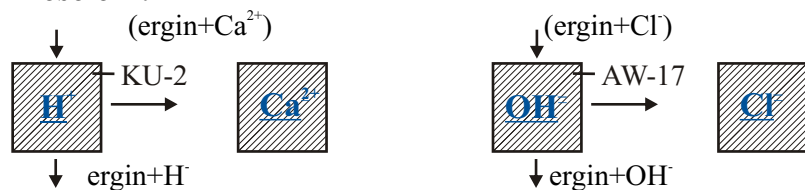
Sorbentiň işleýiş shemasy

4. *Mass-spektrometrik usuly*. Bu usul kesgitleňýän madda-nyň ionlaşan bölejikleriniň magnit meýdanynda olaryň massasy-nyň zaryadyna görä gatnaşygy boýunça sowulmasyny kesgitle-mäge esaslanandyr.

5. *Hromatografiki usul*. Bu usul adsorbentiň üstünden ergin goýberilende adsorbent tarapyndan maddalaryň dürli hili ýu-wulmagyna esaslanýar. Her bir maddanyň öz adsorbsiýa edişme ukyby bolýar. Şonuň üçin bir madda gowy, beýleki bolsa gowşak ýa-da düýbden adsorbsiýa edilmeýär. Şeýlelikde, sorbentiň dürli derejesindüne gatlak emele gelýär (5-nji surat).

Hromatografiýanyň görnüşleri köpdür: Kagyzdaky hroma-tografiýa, gaz-suwuk hromatografiýa, gaz hromatografiýa. Şola-ryň biri hökmünde ionçalyşma hromatografiýasyny hem gör-kezmek bolýar. Ol adsorbentlere **ionitler** diýilýär. Bularda ergin-däki ionlar bilen sorbentdäki ionlar arasynda ekwiwalent gatna-şykda ion çalşygy bolup geçýär.

Meselem:



Soňra şol ýuwudylan element başga bir elementiň ergini bilen ýuwulup çykarylýar we kesgitleňýär. Ionitleriň görnüşi giň-

dir. Olar organiki sintetiki maddalar we tebigy birleşmeler bolýarlar: KU-1, KU-2, KB-4, AW-17, SB-1, alýuminiý oksidi, kremniý oksidi. Reaksiýanyň özboluşlylygy we duýgurlylygy.

Özboluşlylygy ýa-da reaksiýanyň aýratynlygy diýlip beýleki ionlaryň bar bolmaklygyna garamazdan diňe kesgitlenýän ionlaryň käbir reaktiwleriň kömegi bilen açyp ýa-da kesgitläp bolmaklygyna aýdylýar.

Meselem: ammoniý rodonidi kobalta täsir etdirsek açyk gök reňkli birleşme, şol reaktiwe demriň erginini damdyrsak, gyzyl reňkli birleşmeler emele gelýärler (SCN^-).

Ýa-da öňki aýdyşymyz ýaly Ni^{++} ionyny dimetilglioksim bilen açyp bolýar.

Reaksiýanyň duýgurlygy diýip bir damja ergindäki (0,01–0,03ml) iki reaktiwiň kömegi bilen kesgitläp, tapyp boljak iň az mukdaryna aýdylýar. Reaksiýanyň duýgurlygy şu aşakdaky ululyklaryň kömegi bilen aňladylýar: açylýan minimum, minimal konsentrasiýa, predel gowşatmak. Açylýan minimum analiz edilýän madda, diňe gözlenilýän maddanyň iň az mukdaryny aňladýar. Ol gaty kiçi san bolup bilýär. 0,000001 g ýa-da 1 mkg. Bir damja ergindäki açylýan minimum 5 mkg deňdir. Minimal (predel) konsentrasiýa diýip şol reaktiw bilen açmak üçin mümkin bolan iň kiçi konsentrasiýa aýdylýar.

Predel gowşatmak diýlip şol minimal konsentrasiýany üpjün etmek üçin mümkin bolan iň kiçi gowşatma aýdylýar, meselem, 1 g K^+ 10000 ml erginde. Bularyň özara baglanyşygy şeýle aňladylýar.

$$V_{\min} = \frac{n \cdot W_{\text{pred}}}{10^{-6}};$$

$$W_{\text{pred}} = \frac{C}{C_{\min}} = \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{m};$$

$$C_{\min} = \frac{1}{W_{\text{pred}}} = 1 : \frac{W_{\min} \cdot 10^6}{m};$$

$$m = \frac{V_{\min} \cdot 10^6}{W_{\text{pred}}} = C_{\min} \cdot V_{\min} \cdot 10^6.$$

Bu ýerde: m – açylýan minimum (mkg), $C_{\min}$ – minimal (predel) konsentrasiýa, W_{pred} – predel gowşatmak, $V_{\min}$ – minimal ergin (ml-de) – açylýan ionlary tapmak üçin talap edilýän göwrüm.

Mysal: $K_2Ag[Co(NO_2)_6]$ görnüşde K^+ ionyny tapmak üçin gerek bolan erginiň minimal göwrümini tapmaly ($V_{\min}$). Açylýan minimum 1 mkg-a deňdir, predel gowşatma bolsa 50000-dir.

$$\text{Onda: } V_{\min} = \frac{m \cdot W_{\text{pred}}}{10^6} = \frac{1 \cdot 50000}{10^6} = 0,05 \text{ ml.}$$

10. MUKDAR ANALIZI

Bilşimiz ýaly, hil analizi bölümde mukdar analizine degişli bolan käbir düşüňjeleri beripdik. Şeýle hem tereziniň kömegi bilen käbir maddalaryň bellibir mukdaryny çekipdiňiz, göwrümleri ölçäpdiňiz, käbir çylşyrymly maddalaryň dargaýşyny görüpdiňiz. Görnüşi ýaly hil analizi mukdar analiziniň önünden gelýär. Öz gezeginde mukdar analizi şu aşakdakylary amala aşyrmaga mümkinçilik berýär:

1. Maddanyň düzümini kesgitlemäge we onuň formulasyny tapmaga.
2. Barlanylýan nusgada ol ýa-da başga maddanyň mukdaryny kesgitlemäge.
3. Ähli ýa-da käbir elementleriň berlen maddadaky mukdaryny tapmaga.
4. Analizlenýän maddada esasy komponentleriň mukdaryny tapmaga (meselem sementde CaO , MgO , SiO_2 we başgalaryň mukdaryny).
5. Elementleriň ýa-da birleşmeleriň kesgitli formada bolýan görnüşiniň mukdaryny tapmaga, erginlerde demriň Fe^{++} , Fe^{+++} we başgalaryň görnüşlerini tapmaga.
6. Aýratyn arassa maddalarda käbir elementleriň garyndysyny tapmaga, ýagny metallarda, duzlarda, erginlerde, magdanlarda we başgalarda.
7. Käbir radikallaryň, funksional toparlaryň, organiki maddalaryň mukdaryny tapmaga.

8. Geterogen maddalaryň düzüminde käbir elementleriň şol maddanyň alnyşyna görä emele gelen mukdaryny kesgitlemäge.

Şeýlelik bilen, mukdar analizi-bu himiki, fiziki, fiziki-himiki usullaryň derňewleri arkaly analiz edilýän maddanyň nusgasyndaky bellibir takyklyk bilen kesgitlenilýän maddalaryň mukdaryny, konsentراسیاسyny anyklamaga mümkinçilik berýän usuldur.

Mukdar analizi tehniki, önümçilik, ylym, ekologiki we başga köp sanly obýektleriň himiki düzümini, mukdaryny we beýleki tehnologiki prosesleri amala aşyrmak üçin uly ähmiýete eýedir.

Analizleri awtomatlaşdyrmak, eňilleşdirmek üçin bolsa, köplenç, fiziki-himiki ininstrumental usullar ulanylýar. Bu usullar şol bir wagtyň özünde analizi çalt we köp mukdarda ýerine ýetirmäge mümkinçilik berýär.

Öz gezeginde mukdar analiziniň himiki usullary agram we göwrüm analizlerini öz içine alýar.

a) agram analizi-bu kesgitlenilýän maddanyň ýa-da onuň düzümi böleginiň massasyny takyk ölçemeklige esaslanandyr. Bu maksat üçin adaty kesgitlenilýän madda, meselem, çökdürmek we başga usullar arkaly jisimden bölünip çykarylýar. Onsoň şol çykarylan maddanyň agramyny jisimiň umumy agramyna gatnaşdyrýarlar we onuň, meselem, % mukdaryny tapýarlar.

Mysal: 0,50 g hek daşynda analiz arkaly 0,20 g CaO tapylypdyr. Diýmek, CaO mukdary şeýle bolýar:

$$\frac{0,20 \cdot 100}{0,50} = \frac{20}{0,50} = 40 \ %.$$

Hasaplamalar şeýle hem normal (N), molýar (M) we beýleki konsentراسیalaryň üsti bilen aňladylyp bilner. Munuň üçin çekim “a” tehniki himiki terezilerde (0,01g takyklygy bilen) ýa-da has takyk analitiki terezilerde (0,0001g takyklygy bilen) çekilip alynýar. Agram analizi özüniň has takyklygy bilen beýlekilerden tapawutlanýar, sebäbi çekimi gaty ýokary takyklykda çekip almak mümkin.

b) göwrüm (titrimetrik analiz) - bu bellibir konsentراسیaly erginiň beýleki düzümi kesgitlenilýän maddanyň ergini bilen bo-

lan reaksiýasyna esaslanandyr. Sebäbi analiz edilýän maddanyň ergini standart erginiň kömegi bilen tapylýar. Bu usul, esasan ekwiwalentlik kanunyna esaslanandyr, ýagny A madda beýleki B madda bilen şeýle ekwiwalent ýagdaýda reagirleşýär:

$$\frac{E_A}{d_A} = \frac{E_B}{d_B}.$$

Onda

$$d_A = \frac{E_A \cdot d_B}{E_B} = \frac{E_A \cdot V_B \cdot T_B}{E_B}$$

$$d_A = \frac{E_A \cdot V_B \cdot T_B}{E_B} \cdot \frac{100}{d}.$$

Bu ýerde d_A - kesgitlenýän maddanyň agramy (g), V_B - titirlemäge sarp edilen B maddanyň ergininiň göwrümi (ml), T_B - şol erginiň titri (g/ml, mg/ml), E_A - A maddanyň g-ekwiwalenti, E_B - B maddanyň g-ekwiwalenti, a - analiz edilýän maddanyň çekimi (g).

Agram analizi bilen göwrüm analiziniň tapawutlary şulardan ybaratdyr: agram analizi-anyak çekilen agramdan, göwrüm analizi bolsa-anyak ölçenen göwrümünden ybaratdyr. Agram analizi köp wagt talap edýär (birnäçe sagatlap we ondan-da köp). Göwrüm analizi birnäçe minutda tamamlanýar. Agram analizi klassiki usul hasaplanylýar we ýokary takyklygy bilen häsiýetlendirilýär. Onuň takyklygy 0,01-0,005 % bolýar. Göwrüm analizi beýle takyk däldir we onuň takyklygy 0,1-0,5 %. Adatça, çekim “a” > 0,05-0,1 g, göwrüm bolsa, $U > 1$ ml möçberde 0,020, 0,025 ml takyklyk bilen alynýar.

Öňki aýdyşymyz ýaly mukdar analizinde uly ýa-da kiçi mukdarda çekim alnyp bilner. Şoňa görä-de mikro-, ýarymmikro- we makromukdar analizleri bardyr.

Mikro we ýarymmikro usulda analiz edilýän maddanyň mukdary 10 mg çemesi bolýar.

Köplenç, analiz edilýän nusga birnäçe maddalardan ybarat bolýar. Meselem, magdanlar her hilli elementleriň birleşmeleriniň garyndysydyr. Şol magdanda kesgitlenýän madda, adatça,

endigan ýerleşmeýär. Şonuň üçin bular ýaly gaty maddalardan ortaça nusgany almak üçin analiz edilýän maddany endigan garyşdyrmaly we bar bolan usullar arkaly orta nusgany almaly. Yogsam alnan nusga kesgitlenýän madda boýunça ýa baý, ýa-da garyp bolmagy mümkin. Şeýle hem suwuk erginleriň orta nusgasyny almak üçin olary ilki oňat çäýkamak arkaly garyşdyrmaly. Şeýle edilmese analiziň ýoýulmagy mümkin. Analiziň takyklygyny, köplenç, absolýut ýa-da otnositel ýalňyşlyklaryň üsti bilen häsiýetlendirýärler. Adatça, analiz üçin alynýan çekimiň agramy näçe uly bolsa, onda analiziň takyklygy şonça ýokary bolýar.

Mysal: 0,0001 g takyklyk bilen analiz üçin agramlary 0,0200 g we 0,2000 g bolan iki sany çekimler alnan. Absolýut ýalňyş (ΔX_{abs}) iki ýagdaýda-da 0,0002 g. Onda olaryň otnositel ýalňyşlyklaryny kesgitlemeli:

$$\text{a) } \Delta X_{\text{otn}} = \frac{\Delta X_{\text{abs}}}{a} \cdot 100 = \frac{0,002 \cdot 100}{0,02} = 1 \% .$$

$$\text{b) } \Delta X_{\text{otn}} = \frac{0,002 \cdot 100}{0,2} = 0,1 \% .$$

Diýmek, 0,2000 g çekimiň analizi 0,0200 g çekimiň analizinden 10 esse takyk.

Ýalňyşlyklaryň döreýşine, görnüşlerine we olaryň hasaba alnysyna soňra ýörite aýratyn serederis.

11. GÖWRÜM ANALIZI. NEÝTRALLAŞDYRMA USULY

Göwrüm analizinde erginlerde geçýän her hili reaksiýalar ulanylýar: neýtrallaşdyrma, çökdürme, kompleks emele getirme, okislenme-gaýtarylma we başgalar. Şu reaksiýalaryň hemmesinde esasy berjaý edilmeli şert-ol hem erginler hem-de olardaky maddalar öz aralarynda diňe ekwiwalent mukdarda reagirleşmeli. Başgaça aşakdaky gatnaşyk berjaý edilmeli:

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{V_B}{V_A} \quad \text{ýa-da} \quad N_A \cdot V_A = N_B \cdot V_B.$$

Bu ýerde N_A ; N_B - reagirleşýän A we B maddalaryň erginleriniň normal konsentrasiýalary, V_A ; V_B - ekwiwalentlik nokadynda reagirleşýän A we B maddalarynyň sarp edilen göwrümleri.

Reaksiýanyň ahyrynda, ýagny ekwiwalentlik nokadynda reagirleşýän maddalaryň erginleriniň göwrümleri olaryň normallygyna ters proporsionaldyr. Şonuň üçin ýokarky aňlatma proporsionallyk düzgüni diýilýär. Normallyk (N) bu bolsa erginiň 1l-inde eredilen maddanyň gr-ekwiwalentiniň sanydyr. Dürli göwrümli erginler üçin aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$N = \frac{a}{E} \cdot \frac{1000}{V}.$$

Bu ýerde a - $V(\text{ml})$ göwrümli erginde eredilen maddanyň mukdary, E - şol maddanyň ekwiwalenti

Mysal: Egerde 7,1 g Na_2SO_4 eredilip, 500 ml ergin taýýar lanylýan bolsa, onda şol erginiň normallygyny kesgitlemeli:

$$N = \frac{7,1 \cdot 1000}{71 \cdot 500} = 0,2.$$

Diýmek, berlen erginiň normallygy 0,2 N.

Neýtrallaşma usulyna kislotalaryň (HCl , H_2SO_4 , $\text{CH}_3\text{COOH} \dots$), aşgarlaryň (NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$) kesgitlenişi degişlidir.

Şeýle bolansoň neýtrallaşma usulyna umuman kislota-esas titrleniş usuly hem diýilýär. Şonuň üçin, adatça, neýtrallaşma üýtgeşmesi H^+ we OH^- ionlarynyň arasynda geçip, suw emele gelmegi bilen neýtrallaşýar:



Reaksiýanyň gutarýan pursadyny, ýagny ekwiwalentlik nokadyny ýörite indikatorlaryň kömegi bilen kesgitleýärler.

Indikatorlar - bular ekwiwalent nokadyndan geçende reňkini üýtgedip bilýän maddalar. Olar titrlenýän ergine ýörite goşulýarlar. Şonuň üçin analiziň takyklygy köp halatda indikator-5-Sargyt 1392

laryň reaksiýa sredasynda özüni alyp barşyna köp derejede baglydyr. Şeýle bolansoň gerek bolan indikatorlary saýlamak iň bir wajyp talaplaryň biridir. Iň ideal ýagdaý-indikator özüniň reňkini göni ekwiwalent nokadynda üýtgedip bilmeli. Emma iş ýüzünde 0,1% töweregi mundan sowa düşmegi mümkin: ýagny ýa azrak ýa-da köpräk titrlemäge ergin gitmegi mümkin. Her bir maddanyň neýtrallaşma reaksiýasyna degişli bolan ekwiwalentlik nokady titrleme çyzyklary arkaly tapylýar. Şol nokatda, ýagny titrlemäniň böken ýerinde, bellibir pH-yň bahasy bolýar.

Köp esasy kislotalar güýçli aşgarlar bilen titrlenende birnäçe ekwiwalentlik nokatlary döreýär.

Meselem: H_3PO_4 kislotasy KOH ergini bilen titrlenende 2 ekwiwalent nokady, ýagny 2 titrlemek böküşini bolup geçýär:

1 - ekw. nokat ($\rightarrow \text{KH}_2\text{PO}_4$), $\text{pH} = 4,5$
2 - ekw. nokat ($\rightarrow \text{K}_2\text{HPO}_4$), $\text{pH} = 9,2$.

Diýmek, bu ýagdaýda uniwersal indikatorlar (iki reňkli indikatorlar) bilen titrlemeli.

Neýtrallaşma usullarynyň iň möhüm indikatorlary

Indikatoryň ady	Her hili sredada indikatoryň reňki		
	Turşy sreda	Neýtral sreda	Aşgar sreda
Metil-mämişi	Gyzyl $\text{pH} < 3,1$	Mämişi $3,1 < \text{pH} < 4,4$	Sary $\text{pH} > 4,4$
Metil gyzyl	Gyzyl $\text{pH} < 4,2$	Mämişi $4,2 < \text{pH} < 6,3$	Sary $\text{pH} > 6,3$
Fenolftaleýin	Reňksiz $\text{pH} < 8,0$	Reňksiz $8,0 < \text{pH} < 9,8$	Gyzyl $\text{pH} > 9,8$
Lakmus	Gyzyl $\text{pH} < 5$	Syýa reňkli $5 < \text{pH} < 8,8$	Gök $\text{pH} > 8$

Geliň indi neýtrallaşma usulyna degişli titrlemäniň käbir mysallaryna seredip geçeliň.

1. Goý, 25 ml 0,1 N NaOH erginini neýtrallaşdyrmak üçin, 0,2N HCl ergininiň gerek bolan göwrümini tapmaly bolsun.

$$N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}$$

$$V_{\text{HCl}} = \frac{N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}}{N_{\text{HCl}}} = \frac{0,1 \cdot 25}{0,2} = 12,5 \text{ ml.}$$

2. 0,01 N HCl erginiň $[\text{H}^+]$ -ny we pH-ny tapmaly:

$$[\text{H}^+] = C_{\text{HCl}} = 0,01 = 10^{-2} \text{ g-ion/}\ell$$

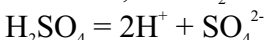
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 10^{-2} = -(-2) = 2.$$

3. 0,05 M HCl kislotasynyň $[\text{H}^+]$ -ny we pH-yny tapmaly:

$$[\text{H}^+] = 0,05 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ g-ion/}\ell$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = -\lg 5 \cdot 10^{-2} = -\lg 5 + 2 = -0,7 + 2 = 1,3.$$

4. 0,01 M H_2SO_4 erginiň $[\text{H}^+]$ we pH-ny tapmaly:



$$0,01 \quad 2 \cdot 0,01 \quad 0,01.$$

$$[\text{H}^+] = 2 \cdot 0,01 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ g-ion/}\ell$$

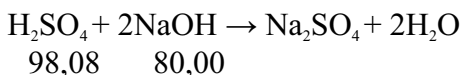
$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = -\lg 2 \cdot 10^{-2} = -0,3 + 2 = 1,7.$$

12. TAKYK KONSENTRASIÝALY ERGINLERI TAÝÝARLAMAKLYGYŇ HASAPLAMALARY

Neytrallaşma usulynda titrleme çyzyklarynyň tapylyşy.

Aýdaly NaOH ergini H_2SO_4 bilen titrlenýän bolsun. Onda H_2SO_4 erginine işçi ergin diýilýär. Goý, onuň titri $T = 0,009810 \text{ g/ml}$. NaOH erginini titrlemäge 21,05 ml H_2SO_4 gidipdir.

Çözülişi:



$$g_{\text{H}_2\text{SO}_4} = T_B \cdot V_B = 0,009810 \cdot 21,05 = 0,2065 \text{ g.}$$

Reaksiýa boýunça, ýagny stehiometriýa boýunça bolsa H_2SO_4 aşgar NaOH bilen aşakdaky gatnaşykda reagirleşýär:

$$98,08 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \quad \text{---} \quad 80,00 \text{ g NaOH}$$

$$0,2065 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \quad \text{---} \quad x_2 \text{ NaOH.}$$

$$x = \frac{80,00}{98,08} \cdot 0,2065 = 0,1685 \text{ g NaOH.}$$

Diýmek, $g_{\text{NaOH}} = 0,1685 \text{ g.}$

Şu ululygy başgaça normallygyň (N) üsti bilen hem tapyp bolýar:

$$T_B = \frac{N_B \cdot E_B}{1000}; \text{ g-ekw}/\ell.$$

$$N_B = \frac{T_B \cdot 1000}{E_B} = \frac{0,009810 \cdot 10000}{\frac{98,08}{2}} = 0,2020 \text{ g-ekw}/\ell.$$

Onda:

$$d_{A(\text{NaOH})} = \frac{N_B \cdot V_B \cdot E_A}{1000} = \frac{0,2020 \cdot 40 \cdot 21,05}{1000} = 0,1685 \text{ g}.$$

$$\text{Ýagny } g_{\text{NaOH}} = 0,1685 \text{ g}.$$

Eger-de $g_{\text{NaOH}} = 0,1585 \text{ g}$ alikwot göwrümde, meselem 10 ml-de bolsa, onda onuň 1 litrinde:

$$g_{\text{NaOH}} = 0,1685 \cdot \frac{1000}{10} = 16,85 \text{ g}.$$

D maddanyň mukdaryny kesgitlenýän maddanyň titriniň üsti bilen tapylyşy:

$$T_{B/A} \cdot \frac{N_A E_A}{1000} \text{ ýa-da } T_{B/A} = T_B \cdot \frac{E_A}{E_B}.$$

Onda

$$\begin{aligned} g_{\text{NaOH}} &= V_B T_B \frac{E_A}{E_B} = 21,05 \cdot 0,009810 \cdot \frac{40}{49,04} = \\ &= 21,05 \cdot 0,00800 = 0,1685 \text{ g} \\ d_{\text{NaOH}} &= 0,1685 \text{ g}. \end{aligned}$$

Diýmek, titrimetrik hasaplamalary dürli ýollar we formulalar arkaly amala aşyryp bolýar.

Neýtrallaşma usulynda titrleme çyzyklarynyň gurluşy.

Goý, 15 ml 0,0875 n NaOH ergini 0,1 n HCl - ergini bilen titrlenýär diýeliň. Şonda titrlenýän NaOH ergininde pH-yň guýlan HCl ergininiň göwrümüne görä üýtgeýänini yzarlalyň:

1. 15 ml 0,0875 n NaOH erginiň HCl guýulmazdan öňki pH-y:

$$[\text{OH}^-] = [\text{NaOH}] = 0,0875 = 8,75 \cdot 10^{-2} \text{ g-ion}/\ell$$

$$\text{pOH} = \lg 8,75 \cdot 10^{-2} = -[-2 + 0,942] = 1,06$$

$$\text{pH} = 14 - 1,06 = 12,94.$$

2. 10 ml 0,1 n HCl guýlandan soň:

$$[\text{OH}] = \frac{m_{\text{NaOH}} - m_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}} + V_{\text{HCl}}} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} - V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}}{15 + 10} =$$

$$= \frac{15 \cdot 0,0875 - 10 \cdot 0,1}{25} = 0,01 \text{ g-ion}/\ell.$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}] = -\lg 10^{-2} = 2$$

$$\text{pH} = 14 - 2 = 12.$$

3. $V_{\text{ekw}}^{\text{HCl}}$ kesgittläliň:

$$V_{\text{ekw}}^{\text{HCl}} = \frac{V_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaCl}}}{V_{\text{HCl}}} = \frac{0,0875 \cdot 15}{0,1} = 13,125 \text{ ml}.$$

Diýmek, HCl-yň ekwiwalent gowrümü 13,125 ml.

4. 13 ml 0,1 n HCl guýlan bolsa,

$$[\text{OH}] = \frac{15 \cdot 0,0875 - 13,01}{15 + 13} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion}/\ell.$$

$$\text{pOH} = -\lg 4 \cdot 10^{-4} = 3,4$$

$$\text{pH} = 14 - 3,4 = 10,6.$$

5. 13,125 ml 0,1n HCl, ýagny ekwiwalent göwrüm guýlan bolsun.

$$\text{Onda } [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ g-ion}/\ell$$

$$\text{pH} = -\lg 10^{-7} = 7.$$

6. 13,2 ml 0,1n HCl guýlan bolsun

$$\Delta V_{\text{artykmaç}}^{\text{HCl}} = V_{\text{prakt}}^{\text{HCl}} - V_{\text{ekw}}^{\text{HCl}} = 13,2 - 13,125 = 0,075 \text{ ml}.$$

$$[\text{H}^+] = \frac{V_{\text{HCl}} \cdot N_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}} + N_{\text{HCl}}} = \frac{0,075 \cdot 0,1}{15 + 13,2} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion}/\ell.$$

$$\text{pH} = -\lg 2,7 \cdot 10^{-4} = 3,57$$

$$\text{pH} = 3,57.$$

7. 14 ml 0,1n HCl guýlan bolsun.

$$[\text{H}^+] = \frac{(14 - 13,125) \cdot 0,1}{15 + 14} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ g-ion}/\ell.$$

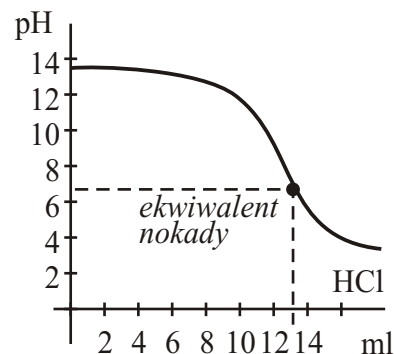
$$\text{pH} = -\lg 3 \cdot 10^{-3} = 3,47 = 2,53$$

$$\text{pH} = 2,53.$$

Indi şu alnan bahalary tablisa görnüşinde aşakdaky ýaly aňladalyň:

$V_{\text{HCl, ml}}$	0,00	10,0	13,00	13,125	13,20	14
pH	2,94	12,00	10,6	7	3,57	2,53

Şu bahalary grafiki görnüşde aňlatsak, aşakdaky çyzgyny alýarys we oňa titrleme çyzygy diýilýär (6-njy surat).



6-njy surat.
Titrleme çyzgysynyň grafigi

Titrleme çyzygy boýunça aşakdaky netijeleri çykaryp bolýar:

1. Güýçli kislotanyň ergini güýçli esas bilen titrlenende iň uly titrleme böküşü üpjün edilýär;

2. Titrantyň soňky damjasy pH-y 6 birlik üýtgedýär;

3. Titrleme böküşü näçe uly bolsa ergini şonça takyk titrläp bolýar;

4. Başdaky erginiň konsentrasıyasy näze ýokary bolsa, böküş şonça-da uly bolýar;

5. Böküş näçe uly bolsa, şonça köp sanly indikator ulanyp bolýar;

6. $\text{HCl} + \text{NaOH}$ ýagdaýynda ekwiwalent nokady neýtrallık çyzygy bilen gabat gelýär;

7. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH}$ ýagdaýynda ekwiwalent nokady neýtrallık çyzygy bilen gabat gelmeýär. Ol aşgar sredada ýerleşýär;

8. $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl}$ ýagdaýynda ekwiwalent nokady turşy sredada ýerleşýär.

13. OKISLENME-GAÝTARYLMA USULLARY

Mukdar analizinde okislenme-gaýtarylma usullarynyň esasy bolup okislenme-gaýtarylma reaksiýalary hyzmat edýär. Bulara başgaça redoks-usullary hem diýilýär.

Ýagny inlis dilinde: *reduction* - gaýtarylma, *oxidation*-okislenme. Şeýle hem bu usullara mukdar analizinde oksidimetrik usuly hem diýilýär.

Mukdar analizinde ulanylýan käbir güýçli okislendirijiler we gaýtaryjylar .

okislendirijiler: KMnO_4 ; $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; J_2 ; KJO_4 ; PbO_2 ; H_2O_2 we başgalar.

gaýtaryjylar: H_2O_2 ; FeSO_4 ; SnCl_2 ; CuCl ; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ we başgalar.

Bu ulanylýan okislenme-gaýtarylma reaksiýalarynyň köpüsiniň mysallary bilen hil analizinde tanşypdyňyz. Bu reaksiýalar, esasan, elektronlaryň berilmegi bilen amala aşýar:

a) $\text{Mn}^{7+}\text{O}_4^- + 5\text{e} + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ - permanganatometriýa;

b) $\text{Cr}_2\text{O}_7^- + 6\text{e} + 14\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ - hromatometriýa;

ç) $2\text{S}_2\text{O}_3^{--} - 2\text{e} \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^-$

$\text{I}_2 + 2\text{e} \rightarrow 2\text{I}^-$ - ýodometriýa.

Emma, bu görkezilen reaksiýalardan başga-da mukdar analizinde beýleki şertler hem berjaý edilmeli:

1. Reaksiýanyň tizligi $5 \div 10$ minut bolmaly;
2. Önümiň çykymy $\sim 100\%$;
3. Reaksiýa berlen ugra doly geçmeli;
4. Okislenme we gaýtarylma derejeleriniň gatnaşygy $> 0,1$;
5. Reaksiýanyň pH baglylygy berlen derejä çenli bolmaly;
6. Temperatura dolandyryp bolýan derejede bolmaly ($25 \div 80^\circ\text{C}$);
7. Aýdyň daşary effekt bolmaly.

Reaksiýanyň real potensialyny (E^x) yzarlamak arkaly okislenme-gaýtarylma reaksiýasynyň geçirilip, ugruny üýtgetmekligiň amala aşjakdygyny subut edip bolýar. E^x hasaplamak üçin Nernstiň formulasy ulanylýar:

$$E^x = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{okisl}]^a [\text{H}^+]^m}{[\text{gayt}]^b}.$$

Deňagramlyk konsentrasiýasyny aktiwlik bilen çalşyrsak, şu aşakdakyny alýarys:

$$E^x = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{a_{\text{okisl}}^a \cdot a_{\text{H}^+}^m}{a_{\text{gayt}}^b}.$$

Bu ýerde [okisl]: a_{okisl} -okislenen formasynyň konsentراسیýasy ýa-da aktiwligi, [gaýt]: a_{gayt} -gaýtarylan formasynyň konsentراسیýasy ýa-da aktiwligi, $[H^+]$: a_{H^+} - wodorod ionlarynyň konsentراسیýasy ýa-da aktiwligi. a, b, m - reaksiýanyň deňlemesinde okislenen, gaýtarylan we H^+ ionlarynyň koeffisiýentleri

Diýmek, konsentراسیýany (aktiwligi) üýtgetmek arkaly okislenme-gaýtarylma potensialyny üýtgedip bolýar. Eger-de reaksiýa gatnaşýan hemme maddalaryň aktiwligi bire (1) deň bolsa, onda sistemanyň potensialy standart normal potensiala (E^0) deňdir, ýagny $E^x = E^0$ (sebäbi $\lg 1 = 0$).

Şonuň üçin, okislenme-gaýtarylma reaksiýalarynda önümleriň çykymy birnäçe faktorlara baglydyr: EHG (E^x), pH, $K_{\text{okisl/gaýt}}$ we başgalara.

1-nji mysal. $MnO_4^- + 5Fe^{++} + 8H^+ \rightarrow Mn^{++} + 5Fe^{+++} + 4H_2O$ reaksiýasynyň geçişiniň dolulygyny kesgitlemeli. Munuň üçin onuň deňagramlyk konstantasynyň bahasyny tapýarys:

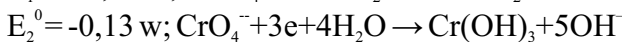
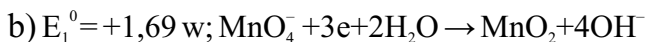
$$K_{MnO_4^- / Fe^{++}} = \frac{[Mn^{++}] [Fe^{+++}]^5}{[MnO_4^-] [H^+]^8 [Fe^{++}]^5} = 10^{63}.$$

Diýmek, reaksiýa doly geçýär.

2-nji mysal. Aşakdaky reaksiýanyň EHG, E_{okisl} ululyklaryny tapmaly.



$$E_{KMnO_4} = \frac{M_{KMnO_4}}{3} = \frac{153}{3} = 52,6$$



$$EHG = E_1^0 - E_2^0 = 1,69 - (-0,13) = 1,82 \text{ w}.$$

3-nji mysal. Aşakdaky reaksiýalaryň çykymyny hem-de konstantasyny tapmaly:



Eger $E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 = -0,126 \text{ w}$

$$E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^0 = -0,136 \text{ w}$$

$$K = \frac{(E_1^0 - E_2^0) \cdot n}{0,059} = \frac{[-0,126 - (-0,136)] \cdot 2}{0,059} = \frac{0,02}{0,059} = 0,345$$

$$K = \frac{C_{\text{Sn}^{2+}}}{C_{\text{Pb}^{2+}}} = 10^{0,345} = 2,21.$$

Ýagny 2,21 g ion Sn^{2+} 1 g ion Pb^{++} deňişli bolyar. Jemi bolsa: 3,21 g-mol/ℓ .

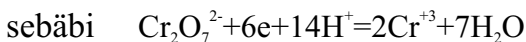
$$\begin{array}{rcl} \text{Ya-da} & 3,21 - & 2,21 \text{ g-ion } \text{Sn}^{2+} \\ & 100 - x & \text{g-ion } \text{Sn}^{2+} \end{array}$$

$$x = g_{\text{prakt}}^{\text{Sn}^{2+}} = \frac{100 \cdot 2,21}{3,21} = 69\% .$$

Diýmek, bu reaksiya ahyryna çenli gidenok .Şonun üçin ony mukdar analiziniň deregine ulanyp bolmaýar.

4-nji mysal. Takmynan, 0,1n $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ erginiň takyk normal-lygyny tapmak üçin $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ maddasynyň näçe çekimini almalı. Kolbanyň göwrümi 200 ml, pipetkanyň göwrümi 10 ml, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ergininiň harç bolmaly göwrümi 25ml.

$$E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{M}{6} = \frac{294}{6} = 49$$

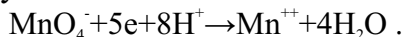


$$g_{\text{teor}} = \frac{N_b \cdot V_b \cdot E_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{1000 \cdot V_a} = \frac{0,1 \cdot 25 \cdot 49 \cdot 200}{1000 \cdot 10} = 2,45 .$$

Diýmek, onuň agramy 2,45 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

14. PERMANGANATOMETRIÝA USULY

Permanganatometriýa usulynda esasy ulanylýan madda bolup kaliniň permanganaty KMnO_4 hyzmat edýär. Usulyň esasynda şu reaksiýa ýatýar:



Onda Nernstiň formulasy boýunça:

$$E^*_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{++}} = E^0_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{++}} + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-] [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{++}]}$$

$$E^0_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{++}} = +1,52 \text{ w.}$$

Nernstiň formulasyndan görnüşine görä E^x - bahasyna $[\text{H}^+]$ güýçli täsir edýär. Meselem, gowşak aşgar sredada titrlense, aşakdaky reaksiýa bolup geçýär:



$$E^x = E^x_{\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_2} = E^0_{\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_2} + \frac{0,059}{3} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-]}{[\text{MnO}_2][\text{OH}^-]^4}$$

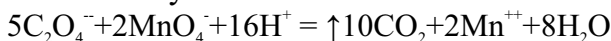
$$E^0_{\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_2} = +0,57 \text{ w.}$$

Şeýlelikde, $E^0_{\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_2}$ bahasy $[\text{H}^+]$ we $[\text{OH}^-]$ ululyklaryna, ýagny pH ululyga güýçli baglydyr.

Turşy sredada permanganat bilen titrlmek üçin şawel kislotasy $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, wodorodyň peroksidi H_2O_2 , kükürtli kislota H_2SO_3 , azotly kislota HNO_2 we beýlekiler ulanylýar. Bu usulda ýörite reňkli indikatorlar ulanmak zerurlygy ýok. Sebäbi ekwiwalent nokadynda artyk damdyrylan 1 damja ergini al-gyzyl reňke öwürýär. Meselem, şawel kislotasy ulanylanda şu aşakdaky reaksiýa bolup geçýär:



ýa-da ion formada



$$\begin{array}{l|l} 5 & E_1^0 = -0,49 \text{ w; } \text{C}_2\text{O}_4^{--} - 2\text{e} \rightarrow 2\text{CO}_2 \\ 2 & E_2^0 = +1,52 \text{ w; } \text{MnO}_4^- + 5\text{e} + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{++} + 4\text{H}_2\text{O}. \end{array}$$

Titrlmek prosesinde deňagramlylyk emele gelýär. Onuň konstantasy deňdir:

$$K_{\text{okisl/gaýt}} = \frac{[\text{CO}^2]^{10} [\text{Mn}^{++}]^2}{[\text{C}_2\text{O}_4^{--}]^5 [\text{MnO}_4^-]^2 [\text{H}^+]^{16}} = 10^{340}.$$

Diýmek, bu reaksiýanyň çykymy 100 % diýen ýaly, sebäbi ägirt uly baha bolan $K = 10^{340}$ göni reaksiýanyň doly geçýänligine şaýatlyk edýär.

Görkezilen reaksiýada

$$\text{g-ekw KMnO}_4 = \frac{M_{\text{massa}}}{5} = \frac{158,04}{5} = 31,89.$$

Ergin taýýarlamak üçin gerek bolan KMnO_4 maddasynyň çekimi 0,01g takyklykda aşakdaky formula boýunça tapylyp bilner:

$$D_{\text{teor}} = \frac{N \cdot E \cdot V}{1000}.$$

Bu çekimi berlen göwrümde haýal eretmeli we 7-8 günläp garaňky gapda saklamaly (ýa-da gara kagyz bilen dolamaly). Soňra alnan erginiň has takyk konsentrasiasyny gutarnykly kesgitlemek üçin ol başga bir standart erginiň üsti bilen titrlenýär. Ol ergine dikeldiji ergin diýilýär. Dikeldiji madda hökmünde $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$; $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ we başgalar ulanylýar.

Bulardan iň amatlysy $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Sebäbi bu kislota suwda oňat ereýär we KMnO_4 bilen ýeňil titrlenýär.

Titrlmäni şu aşakdaky usullar bilen amala aşyryp bolýar:

- 1) göni titrleme;
- 2) yzyna titrleme;
- 3) gytaklaýyn titrleme.

Göni titrleme käbir ýeňil okislenýän gaýtaryjylary kesgitlemek üçin ulanylýar. Yzyna titrleme bolsa haýal okislenýän gaýtaryjylary kesgitlemek üçin ulanylýar. Eger-de şu usullaryň ikisi-de ulanylyp bilinmese, onda gytaklaýyn usul ulanylýar.

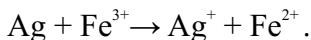
Yzyna titrleme usulynda kesgitlenýän maddanyň erginine permanganatyň belli konsentراسیýaly we göwrümlü ergini gereginden artyk guýulýar. Reaksiýa geçip gutarandan soň bolsa, permanganatyň reaksiýadan artyp galan mukdaryny şawel kislotasynyň ergini bilen yzyna titrleýärler. Hasaplamalar bolsa şeýle geçirilýär:

$$V_{\text{KMnO}_4} = V'_{\text{KMnO}_4} - V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}.$$

Bu ýerde: V'_{KMnO_4} - KMnO_4 erginiň başdaky göwrümi (ml), $V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$ - yzyna titrlemek üçin giden $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (şol bir konsentراسیýaly) erginiň göwrümi (ml).

V_{KMnO_4} - kesgitlenýän maddanyň erginini titrlemäge giden KMnO_4 ergininiň göwrümi (ml).

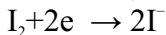
Gytaklaýyn usulynda käbir metallar, meselem kümüş, permanganat bilen göni ýa-da yzyna titrlenip bilinmeýär. Şonuň üçin ol ilki üç walentli Fe^{3+} bilen okislendirilýär:



Şunlukda, Ag metalyňa görä ekwiwalent mukdarda bölünip çykýan Fe^{2+} ionlaryny soňra permanganat bilen titrleýärler we şonuň üsti bilen Ag metalyňy tapýarlar.

15. ÝODOMETRIÝA USULY

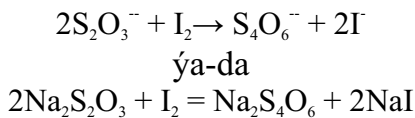
Göwrüm analiziniň ýodometriki usuly okislenme-gaýtarylma prosesleriniň üsti bilen elementar ýoduň ýod-ionyna öwürilmegine esaslanandyr (ýa-da tersine).



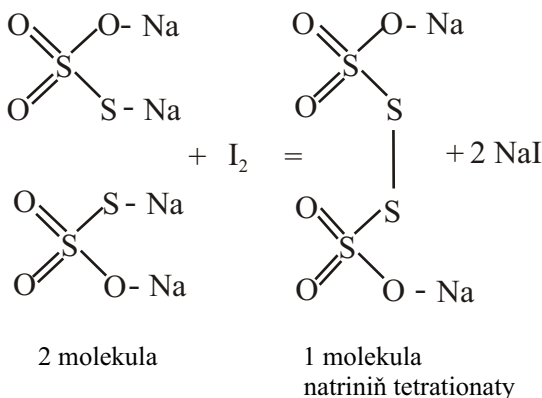
$$E_{\text{I}_2 / 2\text{I}^-}^0 = +0,54 \text{ w.}$$

Şonuň üçin I^- iony has güýçli gaýtaryjydyr. Bu babatda ol Cr^{+++} , Mn^{++} ionlaryndan hem güýçlüdir. Şeýle bolansoň I_2 okislendiriji, I^- bolsa gaýtaryjy hökmünde ulanylýar.

Ýodometriýada I_2 -niň gaýtaryjysy hökmünde, köplenç, natriý tiosulfaty ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ulanylýar:



Struktura görnüşde

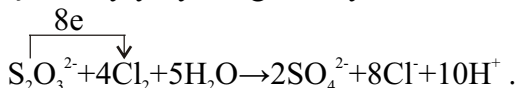


Tiosulfatyň ekwiwalenti

$$E = M \cdot m \quad \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 248,2$$

(kristallogidrat duzy)

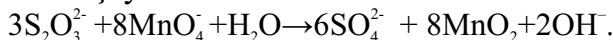
Beýleki okislenme-gaýtarylma reaksiýalarynda tiosulfatyň ekwiwalenti aşakdaky ýaly kesgitlenilýär.



Bu ýerde tiosulfatyň molekulasy 8 elektron berýär. Şonuň üçin onuň ekwiwalenti deňdir:

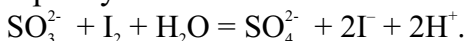
$$\mathfrak{E}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}{8} = \frac{248,2}{8} = 31,02.$$

Onuň aşgar sredada permanganat iony bilen geçýän reaksiýasynda hem ol şeýledir:

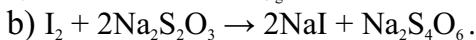


Ýoduň, ýagny I₂ ekwiwalenti bolsa E₁₂ = 126,9 -a deňdir, sebäbi onuň her atomy I⁻ iona öwrülme üçin 1 elektrony kabul edýär.

Ýodometriýada indikator hökmünde krahmal ulanylýar. Ekwiwalent nokadyna ýetensoň artykmaç bir damja I_2 ergine ýitip gitmeýän gök reňk berýär. Ýodometriýa usuly arkaly SO_3^{2-} iony hem kesgitlep bolýar:

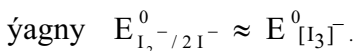
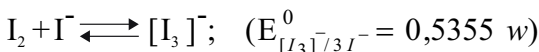


Eger-de I^- iony bilen titrlemeli bolsa onda gytaklaýyn usul ulanylýar. Meselem, KI ergini bilen titrlense ilki I^- ionyndan I_2 alnýar, soňra I_2 öňki ýaly tiosulfat bilen titrlenýär:



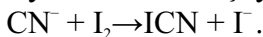
Ýod E^0 potensialy özüniňkiden kiçi bolan ähli gaýtaryjylary okislendirýär. Olar: SO_3^{2-} ; $S_2O_3^{2-}$; S^{2-} ; CN^- ; $HCHO$; SCN^- ; N_2H_4 ; AsO_3^{2-} ; Cr^{3+} we başgalar. Kristal ýod suwda az ereýär. Şonuň üçin standart ergin hökmünde onuň KI-daky ergini ulanylýar.

Şonda şeýle ýagdaý bolup geçýär:



Ýodometriýa usulynda hem titrlemäniň göni, yzyna we gytaklaýyn usullary ulanylýar.

Göni titrleme. Bu usul arkaly aňsat titrlenýän maddalary ýod bilen gös-göni titrleýärler. Meselem: sulfidleri, sulfitleri, tiosulfatlary we beýlekileri. Bularyň $\Sigma^0 \ll E_{I_2/3I^-}^0$ meselem, gowşak aşgar ergininde ýod sianidleri şeýle okislendirýär:



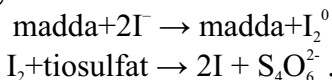
Yzyna titrleme usullary. Bu usul normal E^0 potensialy $E_{I_2/2I^-}^0$ potensialyna ýakyn bolan maddalary kesgitlemek üçin ulanylýar (ýagny $E^0 \approx E_{I_2/2I^-}^0$ bolan ýagdaýynda).

Meselem:



Gytaklaýyn usuly. Bu usul haçanda kesgitlenilýän madda-nyň E^0 potensialy $E_{I_2/2I^-}^0$ potensialyndan uly bolanda ulanylýar

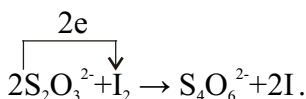
(ýagny $E^0 > E^0_{I_2/2I^-}$ bolanda). Bu usulda I^- ion bilen käbir maddalary okislendirýärler we soňra emele gelýän I_2 maddasyny tiosulfat bilen titirleýärler:



Tiosulfatyň standart, ergininiň taýýarlanylyşy.

Adatça, 0,1n ýa-da 0,05n $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ergini taýýarlanylýar. Munuň üçin 0,1 ýa-da 0,5 g-ekw maddany eredýärler we göwrümi 1litre ýetirýärler.

Öňki aýdyşymyz ýaly tiosulfatyň gr-ekw. hemişelik ululyk dälendir we ol onuň gatnaşýan reaksiýasyna bagly bolýar. Biziň şertimizde, ýagny ýod bilen reaksiýa geçende onuň gr-ekw. şuna deňdir:



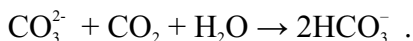
Ýagny 1 mol $S_2O_3^{2-}$ 1 atom I bilen birleşýär, ýa-da 2:2. Şonuň üçin onuň ekwiwalenti:

$$E_{Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O} = M_{Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O} = 248,19 .$$

Diýmek 1l 0,1n taýýarlamak üçin $0,1 \cdot 248,19 = 24,819$ g. $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ almaly we 1l-e çenli göwrümde eretmeli.

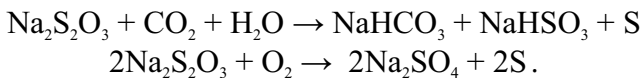
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ maddasy kristallogidrat suwuny aňsatlyk bilen ýitirýär. Şonuň üçin çekimiň üsti bilen onuň takyk konsentراسiýaly erginini taýýarlamak kyn. Şeýle bolansoň ýokarky ergini taýýarlamak üçin 25 g töweregi $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ täze gaýnadylyp sowadylan distillirlenen suwda eredýärler.

Gaýnadylmagynyň sebäbi, suwdaky CO_2 gazyny kowýarlar, ýogsam ol erginiň titrini üýtgetmegi mümkin. Tiosulfatyň taýýarlanan erginine 0,1 g töweregi Na_2CO_3 goşýarlar, çünki ol CO_2 gazyny baglaşdyrýar:



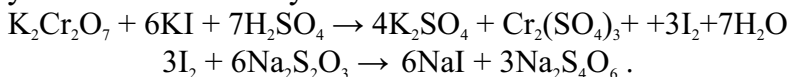
$Na_2S_2O_3$ maddasynyň standart erginini CO_2 -den goramak maksady bilen ony garaňky we dykyly gapda saklaýarlar. Ol dy-

ky natron hekli hlor-kalsili trubka bilen üpjün edilen bolmaly. Erginiň titri kesgitlenmezden öň 1-2 gün durmaly. Sebäbi onuň titriniň CO_2 -niň ýa-da kislorodyň täsiri astynda azda-kände üýtgemegi mümkin:



Dogry taýýarlanan we oňat garylyp saklanan tiosulfatyň ergini 2-3 aýlap öz titrini üýtgetmezligi mümkin.

Tiosulfatyň dikeldiji ergini hökmünde aşakdaky usul ulanylýar. Turşy sredada käliý bihromatynyň kaliý ýodidy bilen reaksiýasy netijesinde ekwiwalent mukdarda bölünip çykýan ýody tiosulfat bilen titrleýärler:



Şol bölünip çykýan ýody titrlemäge giden tiosulfatyň mukdary boýunça onuň titrini we normallygyny tapýarlar.

$$n_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = n_{\text{I}_2} = n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}$$

$$n_{\text{I}_2} = \frac{N_{\text{I}_2} \cdot V_{\text{I}_2}}{1000}$$

$$n_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \cdot V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}}{1000}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}{1000}$$

$$\mathfrak{E}_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{M \cdot m}{6} = \frac{294}{6} = 49.$$

Bu usulyň amatlydygynyň sebäbi kaliý bihromatyny arassa halda almak aňsat, ergini durnukly, titri köp wagtlap üýtgemän saklanýar, gigroskopik däl we başgalar.

Ýoduň standart (titrlen) ergini taýýarlamak we onuň titrini tapmak

Ýod suwda az ereýär (100 gr suwda 0,028 g ýod ereýär). Emma ol KI ergininde oňat ereýär we $K[I_3]$ kompleksini emele getirýär ($I_2 + KI = K[I_3]$). Bu ýerde kompleks ion $[I_3]$ özüni güýçli okslendiriji hökmünde alyp barýar. Şonuň üçin ýoduň çekimini KI maddasynyň konsentrlenen ergininde eredýärler. Ýoduň çekimini, meselem 500 ml 0,1n ergini taýýarlanýan bolsa, şeýle tapýarlar:

$$g_{I_2} = \frac{E_I \cdot N \cdot V}{1000} = \frac{126,9 \cdot 0,1 \cdot 500}{1000} = \frac{12,69}{2} = 6,75 \text{ g.}$$

Stakana 5-10 gr kristal KJ salýarlar we 10-20 ml distillirlenen suw goşýarlar. Soňra 6-7 gr kristal I_2 çekip alýarlar we şol stakana salýarlar. Soňra çaykaýarlar, eredýärler, 500 ml göwürümlü kolba geçirýärler, göwürüminiň üstüni ýetirýärler we çaykaýarlar. Taýýar bolan ergini mämişi aýnadan edilen gaba geçirýärler.

Hasaplamalaryň mysallary

1. Eger-de titrlenmesine 20 ml 0,1040 n $Na_2S_2O_3$ giden bolsa analiz edilýän erginde näçe milligram ýod bar?

Çözülişi:

$$N_I = V \cdot N = 20 \cdot 0,1040 = 2,08 \text{ mg-ekw}$$

$$g_I = N \cdot A_I = 2,08 \cdot 127 = 264 \text{ mg } I_2.$$

2. 20 ml ýoduň erginini titlemäge 21,35 ml 0,1135 n $Na_2S_2O_3$ ergini giden bolsa tapmaly:

a) ýod ergininiň normallygyny;

b) ýoduň titrini.

Çözülişi:

$$a) N_I = N_{Na_2S_2O_3} \cdot \frac{V_{Na_2S_2O_3}}{V_I} = 0,1135 \cdot \frac{21,35}{20,00} = 0,1212 \text{ g-ekw/}\ell.$$

$$b) T_I = \frac{A_I \cdot N_I}{1000} = \frac{127 \cdot 0,1212}{1000} = 0,127 \cdot 0,1212 = 0,015338 \text{ g/ml.}$$

Özünde H_2SO_4 saklaýan KI erginine 20 ml 0,1183 n KMnO_4 goşulypdyr we bölünip, çykan ýody 25,9 ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ergini bilen titrläpdirlir. Şonda tiosulfatyň normallygy näçe ?

Çözülişi:

$$N_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4} = N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$20 \cdot 0,1183 = 25,9 \cdot N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{20 \cdot 0,1183}{25,9} = 0,0874 \text{ g-ekw/}\ell.$$

16. KOMPLEKSOMETRIÝA USULY

Kompleksometriýa bu titrlemek usullarynyň biri bolmak bilen, kesgitlenýän metalyň kompleksonlar bilen suwda oňat ereýän durnukly kompleks birleşme emele getirmegine esaslanandyr.

Kompleks birleşmeler diýip käbir molekulýar birleşmeleriň komponentleriniň goşulyp položitel ýa-da otrisatel zaryadlanan çylşyrymly ionlary emele getirip bilýän birleşmelerine aýdylýar. Täze nomenklatura görä, kompleks birleşmeler şu aşakdaky ýagdaýa laýyklykda atlandyrylýar:

1. Ilkinji nobatda daşarky sferany emele getirýän položitel kation bilen birleşýän duzuň aniony atlandyrylýar.

2. Soňra kislota galyndysynyň ady tutulýar we yzyna “O” goşulmasy goşulýar: nitrito, sulfato we ş.m.

3. Eger-de birmeňzeş ligandlaryň sany birden köp bolsa, onda olaryň mukdary grek sanlarynyň aýdylyşy bilen utgaşdyrylýar: 2- di, 3- tri, 4- tetra, 5-penta, 6- geksa, 7- gepta, 8-okta.

4. Ion däl baglanyşykly kislota galyndydan soňra, neýtral haldaky bolan ligandlaryň ady tutulýar: NH_3 (ammin), H_2O (akwa) we ş.m.

Mysal:

[Ag(NH₃)₂]Cl - diamminargentohlorid

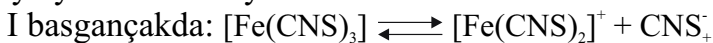
[Ni(NH₃)₆][OH]₂ - nikeliň geksaamminodigidraty

K₂[PtCl₆] - kaliniň geksaahloridoplatinaty

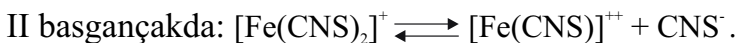
[Co(NH₃)₆]SO₄ - sulfatogeksaammino kobaltaty

[Co(NH₃)₄CO₃]Cl - kobaltyň karbonatotetraammin hloridi.

Durnuklylyk babatda: meselem, Fe(CNS)₃ kompleksiň durnuksyzlyk konstantasy deňdir:



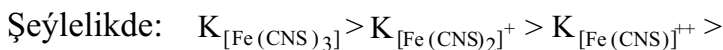
$$K_{[\text{Fe}(\text{CNS})_3]} = \frac{[\text{Fe}(\text{CNS})_2]^+ \cdot [\text{CNS}^-]}{[\text{Fe}(\text{CNS})_3]} = 4 \cdot 10^{-2}$$



$$K_{[\text{Fe}(\text{CNS})_2]^+} = \frac{[\text{Fe}(\text{CNS})]^{++} \cdot [\text{CNS}^-]}{[\text{Fe}(\text{CNS})_2]^+} = 1 \cdot 10^{-2}$$



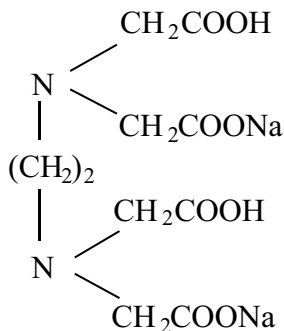
$$K_{[\text{Fe}(\text{CNS})]^{++}} = \frac{[\text{Fe}^{+++}] \cdot [\text{CNS}^-]}{[\text{Fe}(\text{CNS})]^{++}} = 5 \cdot 10^{-3}$$



Ýagny: $4 \cdot 10^{-2} > 1 \cdot 10^{-2} \gg 5 \cdot 10^{-3}$.

Diýmek, [Fe(CNS)]⁺⁺ olaryň arasynda iň durnuklydyr.

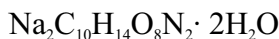
Kompleksometriýa usuly soňky wagtlarda has giňden ulanylyp başlandy. 1945-nji ýylda şweýsar himigi Şwarsenbah Ca²⁺, Mg²⁺, Zn²⁺, Fe³⁺, Al³⁺ ionlaryny we başgalary kesgitlemek üçin aminokarbon kislotalaryny ulanýar. Munda, esasan hem EDTA - etilendiamintetrauksus kislotasy, has takygy onuň iki natrili duzy ulanylyp başlanýar. Oňa başgaça, komplekson 111; Trilon B hem diýilýär. Onuň formulasy: Na₂C₁₀H₁₄O₈N₂ ýa-da struktura görnüşde:



$$\text{M.m.} = 336$$

$$\text{EkW} = \frac{336}{2} = 168,0.$$

Emma, köplenç, onuň şu suwly duzy ulanylýar:

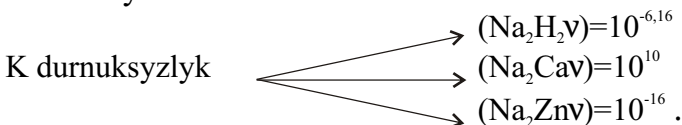


$$\text{M.m.} = 372,21$$

$$\text{EkW} = \frac{372,21}{2} = 186,1.$$

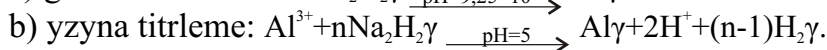
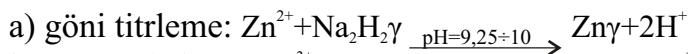
Bu birleşmäni gysgalyk üçin reaksiýalarda $\text{Na}_2\text{H}_2\gamma$ görnüşde hem ýazýarlar. Trilon B bilen içerki kompleks duzlary H^+ ionlarynyň ornuny tutmaklygyň hasabyna emele gelýärler. Şonuň üçin bu prosesde pH we K durnuksyzlygy uly rol oýnaýar.

Meselem: onuň käbir birleşmeleriniň durnuksyzlyk konstantalary.



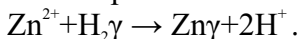
Şeýlelikde, kompleksometriýa metallaryň kompleks emele getirmekligine esaslanandyr. Bu usulda hem göni hem-de yzyna titrlemäni ulanmak mümkin.

Meselem:



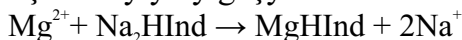
Soňra $H_2\gamma$ artykmajy yzyna titrlenýär:

$$pH=10$$

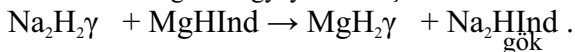


Ekwiwalent nokady ýörite indikatorlaryň kömegi bilen tapylýar. Indikatorlar hökmünde aşakdaky boýag maddalary ulanyrlar: kislotaly hrom-garagök, hromogen gara, mureksid, flýurekson we başgalar.

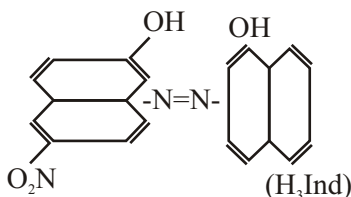
Meselem, hromogen gara indikatorynyň kömegi bilen titrlenende aşakdaky reaksiýalar bolup geçýärler. Ilki titrlenýän ergine indikator goşulanda ol ergindäki kesgitlenýän metal indikator bilen birleşip kompleks emele getirýär we şunlukda indikatorlaryň başdaky reňki başga reňke öwrülýär. Soňra haçan-da ergin Trilon B ergini bilen titrlenende bolsa, indikatoryň kesgitlenýän metal bilen emele getiren kompleksi dargap metal Trilon bilen has berk kompleks emele getirýär we indikator öňki kaddyna gelyär hemde özüniň başdaky reňkini berýär. Ýagny ol hromogen garanyň indikatory üçin aşakdaky ýaly geçýär:



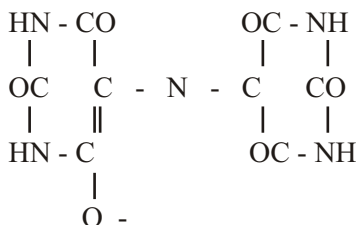
gök gyzyl-melewşe



Hromogen gara (eriohrom gara T) aşakdaky formula eýedir:



Mureksid:

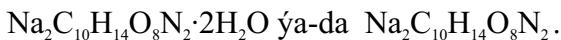


Kompleksonometriýa usulynda pH -yň ähmiýeti örän uludyr. Şonuň üçin bufer erginleriniň kömegi bilen gerek bolan pH üpjün edýärler.

Bu maksat üçin, köplenç, ammiak bufer ergini ulanylýar ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$),

$$\text{pH} = 9-10.$$

Trilon B maddasynyň standart erginini taýýarlamak üçin iki natrili EDTA duzlary ulanylýar:



Olaryň 1 l 0,1n erginini taýýarlamak üçin almaly:

$$g = \frac{M_{\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}}{2} \cdot 0,1 = \frac{372,24}{2} \cdot 0,1 = 18,611 \text{ g.}$$

$$g = \frac{M_{\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_8\text{N}_2}}{2} \cdot 0,1 = \frac{336,21}{2} \cdot 0,1 = 16,81 \text{ g.}$$

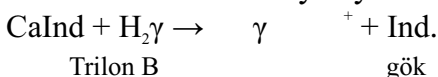
EDTA ergininiň titrini tapmak üçin himiki taýdan juda arassa CaCO_3 ýa-da beýleki Ca, Zn birleşmeleri esasynda taýýarlanan anyk konsentrasiýaly erginler ulanylýar.

Kalsiý ionyny kesgitlemek üçin ergini Trilon B bilen mukreksid ýa-da başga indikatoryň gatnaşmagynda titrleýärler. Reaksiýa şeýle geçýär.

Ergine indikator goşulanda:



Titrlenende we ekwiwalent nokadyna ýetende:



Bu usul bilen, köplenç, suwlaryň talhlygy kesgitleňýär. Suwuň talhlygyny Ca^{2+} we Mg^{2+} ionlary döredýärler we mg-ekw/ℓ aňladylýar. Içilýän suwda talhlyk 7 mg-ekw/ℓ - den geçmeli däl. Munuň üçin suwdaky Ca^{2+} we Mg^{2+} ionlary bilelikde we aýratynlykda Trilon bilen titrleýärler. Ilki Ca^{2+} we Mg^{2+} ionlarynyň jemi ni eriohrom gara indikatorynyň gatnaşmagynda titrleýärler. Soňra başga bir deň göwrümlü nusgada bolsa Ca^{2+} ionynyň bir özünü

mureksid indikatorynyň gatnaşmagynda titrleýärler. Kesgitlenýän Ca^{2+} we Mg^{2+} ionlarynyň mukdaryny şu formulalar boýunça tapýarlar:

$$g_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{E_{\text{Ca}} \cdot V_{\text{Tr}}'' \cdot N_{\text{Tr}} \cdot V_k}{1000 \cdot V_A} \text{ g.}$$

$$g_{\text{Mg}^{2+}} = \frac{E_{\text{Mg}^{2+}} (V_{\text{Tr}}' - V_{\text{Tr}}'') \cdot N_{\text{Tr}} \cdot V_k}{1000 \cdot V_A} \text{ g.}$$

Bu ýerde V_{Tr}' - Ca^{2+} , Mg^{2+} - ionlarynyň jemini titrlemäge giden Trilonyň göwrümi (ml), V_{Tr}'' - diňe Ca^{2+} ionyny titrlemäge giden Trilonyň göwrümi (ml), V_a - alikwot göwrümi (ml), V_k - erginiň umumy kolbadaky göwrümi (ml), E_{Ca}^{2+} , E_{Mg}^{2+} Ca^{2+} we Mg^{2+} ionlarynyň ekwiwalentleri, N_{Tr} - Trilon B erginiň normallygy.

1-nji mysal. 500 ml içilýän suwdan 25 ml alikwot alynýar. Onda Ca^{2+} , Mg^{2+} ionlarynyň jemini titrlemäge 35 ml. Ca^{2+} titrlemäge bolsa 25 ml 0,05 n Trilon B ergini gidýär. Şol içilýän suwdaky kalsiniň we magniniň mukdaryny tapmaly:

Çözülişi:

Ýokarky formulalar boýunça

$$g_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{20 \cdot 25 \cdot 0,05 \cdot 500}{1000 \cdot 25} = 0,5 \text{ g.}$$

$$g_{\text{Mg}^{2+}} = \frac{12(35 - 25) \cdot 0,05 \cdot 500}{1000 \cdot 25} = 0,12 \text{ g.}$$

2-nji mysal. 100 ml suw titrlenende 19,20 ml 0,1012 N Trilon B ergini harç edilen bolsa şol suwdaky Ca^{2+} ionynyň konsentrasiýasyny tapmaly:

Çözülişi:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$N_{\text{Tr}} \cdot V_{\text{Tr}} = N_{\text{Ca}^{2+}} \cdot V_{\text{suw}}$$

$$g_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{N_{\text{Tr}} \cdot V_{\text{Tr}}}{V_{\text{suw}}} = \frac{0,1012 \cdot 19,20}{100} = 0,01943 \text{ g-ekw/}\ell$$

ýa-da g/ℓ görnüşde:

$$[\text{Ca}^{2+}] = N \cdot E = 0,01943 \cdot 20 = 0,38460 \text{ g/ℓ } \text{Ca}^{2+}.$$

3-nji mysal. 25 ml suwy titrlemäge 2,20 ml 0,05 N Trilon B ergini harç boldy (düzediş koeffisiýenti $K=0,9600$). Şol suwuň umumy talhlygyny tapmaly.

Çözülişi: Adatça, suwuň umumy talhlygyny, ýagny Ca^{2+} we Mg^{2+} ionlarynyň jemini aşakdaky formula boýunça tapmak bolýar:

$$\text{Talhlyk } (x) = \frac{N_{Tr} \cdot V_{Tr} \cdot K \cdot 1000}{V_{suw}} \text{ mg-ekw/ℓ}.$$

Onda ýokardaky mysalymyzda deňdir:

$$x = \frac{0,05 \cdot 2,20 \cdot 0,96 \cdot 1000}{25} = 4,22 \text{ mg-ekw/ℓ}.$$

Suwuň talhlygyny mg-ekw/ℓ görnüşden gradusa geçmek üçin, ony 2,8 köpeltmeli:

$$x_{\text{gradus}} = 4,22 \cdot 2,8 = 11,80^0.$$

17. AGRAM ANALIZI

Analitiki himiýada agram analizi iň takyk usuldyr, ýagny onuň otnositel ýalňyşlygy 0,1 - 0,2 % -den geçmeýär, göwrüm, analiziniň otnositel ýalňyşlygy 0,2 - 0,5 % bolýar. Onuň deregine agram analiziniň dowamlylygy uzak bolýar, ýagny birnäçe sagatlap wagt sarp edilýär. Şonuň üçin agram analiz, köplenç, beýleki usullary barlamak üçin ulanylýar. Standart nusgalary barlamak we taýýarlamak üçin we başga-da has takyk analizde ulanylýar. Bu usulda çekimiň agramyny 0,0001 takyklykda çekip almaly. Agram analizini, esasan, aşakdaky usullaryň üsti bilen ýerine ýetirip bolýar:

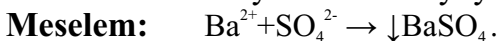
- a) kowmak;
- b) çökdürmek;
- ç) bölüp çykarmak.

Kowmak usullary gyzdyrylanda uçup gidip biljek komponentleri özünde saklaýan maddalary analiz etmek üçin ulanylýar.



Şunuň esasynda ýörite termografiýa usuly bar.

Çökdürmek usuly has köp ulanylýar. Munuň üçin çekimi dürli ýollar bilen ergin halyna geçirýärler. Soňra kesgitlenýän maddany onuň eremeýän halyndaky duzy ýa-da birleşmesi halyna çökdürilýär. Soňra çökündini süzmek bilen erginden aýyrýarlar, gowy ýuwyarlar, guradýarlar (ýa-da güýçli gyzdyrýarlar) we takyk çekýärler (analitiki terezide 0,0001 belgä çenli). Soňra formula bilen maddanyň % mukdaryny tapýarlar.



Çökdürme usulyny ulanmak üçin şu aşakdaky şertler berjaý edilmeli:

1. Çökdürilýän forma - ýagny maddanyň ergininden çökýän halynyň formasy $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ we başgalar;
2. Agram formasy - birleşmäniň terezide çekilýän formasy (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , BaSO_4 we başgalar);
3. Çökdürilýän formanyň ereýjiligi örän pes bolmaly, kristallary uly bolmaly;
4. Agram formasy himiki formulasyna gabat gelmeli.

Eger-de kesgitlenilýän madda dürli agram formasynda bolup bilse, onda onuň kesgitlenilýän maddany iň az saklaýany az ýalňyş göýberýär.

Meselem:

Cr BrCrO_4 we Cr_2O_7 -de.

Çökdürilýän forma BrCrO_4

$$253,3 \text{ mg } \underline{\text{BrCrO}_4} \quad 52 \text{ mg Cr}$$

$$1 \text{ mg } \underline{\quad\quad\quad} \quad x \text{ mg Cr}$$

$$x = \frac{52 \cdot 1}{253,3} = 0,2 \text{ mg Cr.}$$

Agram forma Cr_2O_7

$$152 \text{ mg } \text{Cr}_2\text{O}_7 \quad \underline{\quad\quad\quad} \quad 104 \text{ mg Cr}$$

$$1 \text{ mg } \underline{\quad\quad\quad} \quad x \text{ mg Cr}$$

$$x = \frac{104 \cdot 1}{152} = 0,7 \text{ mg Cr}$$

$$m_2/m_1 = \frac{0,7}{0,2} = 3,5.$$

Diýmek, birinjide ýalňyş 3,5 esse az bolýar.

Kristal çökündileriň emele gelmeginiň we häsiýetleriniň şertleri.

Iri kristally çökündi almak üçin çökdürmäni gowşak konsentrasiýaly erginde amala aşyrmaly. Şonuň üçin önürti ergini gowşatmaly we çökdürijini ýeke damjadan guýmaly we hemişe garyp durmaly hem-de ergini ýylatmaly.

Amorf çökündileri almaklygyň şertleri:

- gyzgyn erginden koagulyantlaryň gatnaşmagynda;
- çökdürijiniň konsentrlenen ergini bilen hem-de onuň çalt goşulmagy bilen;

- gyzgyn halynda süzmeli (garyşdyrman);

- gyzgyn distillirlenen suw bilen ýuwmaly.

Mysal: Alýuminini Al_2O_3 görnüşinde kesgitlemek üçin $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ kwassynyň nähili çekimini almaly.

Çözülişi: Çökdürilýän forma - $Al(OH)_3$;

Agram formasy Al_2O_3 ;

Minimum agramy amorf madda üçin - 0,1 g.

$$2 \cdot 474 \text{ gr} \quad 102 \text{ } Al_2O_3$$

$$\times \text{ gr} \quad 0,1 \text{ } Al_2O_3$$

$$x_{gr} = \frac{0,1 \cdot 948}{102} = 0,9.$$

Çökdürme usulynda ulanylýan kagyz süzgüçleriň häsiýetnamasy

Kagyz süzgüçleriň görnüşleri		Öýjügiň ölçegi nm (1nm=10 ⁻⁹ m)	Bellik
1	Küllü	8-10	Sintetik maddalar üçin
2	Gyzyl lenta	8-10	Amorf çökündiler üçin
3	Sary lenta	8-1	Ýaglaryň analizi üçin
4	Ak lenta	3-5	Kristal maddalar üçin
5	Gök lenta	1-2,5	Örän ownuk kristal çökündiler üçin

Mukdar analiziniň netijesinde hökman bolmaly:

Mysal:

$$\Sigma_{\text{mg-ekw/l}}^{\text{kationlar}} - \Sigma_{\text{mg-ekw/l}}^{\text{anionlar}}$$

Analiziň netijelerini işlemek (suwuň mysalynda). Suw analiz edilende tapylypdyr:

Anionlar (mg/l)

HCO_3^- -149,88

Cl^- - 144,63

SO_4^{2-} -295,20

ýa-da mg-ekw/l görnüşinde

Anionlar

$$\text{HCO}_3^- = \frac{149,88}{61} = 2,45$$

$$\text{Cl}^- = \frac{44,63}{35,5} = 4,07$$

$$\text{SO}_4^{2-} = \frac{295,20}{48} = 6,02.$$

$$\Sigma \text{ anionlar} = 12,54$$

$$\Sigma \text{ kationlar} = 7,50.$$

Kationlar (mg/l)

Ca^{+2} -81,88

Mg^{+2} -41,15

Na^{+} -?

Kationlar

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{81,88}{20} = 4,08$$

$$\text{Mg}^{2+} = \frac{41,15}{12} = 3,42$$

Aşakdaky ekwiwalentlik düzgüninden peýdalanyp tapýarys:

$$\Sigma_{\text{mg-Ekw/l}}^{\text{anionlar}} = \Sigma_{\text{mg-Ekw/l}}^{\text{kationlar}}$$

Onda:

$$\text{Na}^+ \text{ mg/l} = (\Sigma_{\text{anionlar}}^{\text{mg-ekw/l}} - \Sigma_{\text{kationlar}}^{\text{mg-ekw/l}}) \cdot 23 = (12,54 - 7,50) \cdot 23 = 115,92 \text{ mg/l}.$$

18. INSTRUMENTAL ANALIZ. ANALIZIŇ FIZIKI-HIMIKI USULLARY

Biz siziň bilen şu wagta çenli, esasan, analiziň himiki usullary bilen tanyşdyk. Emma tejribede olardan başga-da analiziň fiziki-himiki usullary hem giňden ulanylýar. Olardan başga biologiki usullar hem ulanylýar. Meselem, howada kükürt wodorodyň mukdaryny käbir bakteriýalaryň ýşyklanmasynyň intensiwligi boýunça kesgitleýärler.

Daşary ýurtlarda fiziki-himiki we fiziki usullara instrumental usullary diýilýär. Olarda hemişe enjamlar we beýleki ölçeýji serişdeler ulanylýar.

Şol ýa-da başga usuly saýlamak üçin şu kriteriýalar ulanylýar: seljerijiligi, dogrulygy, duýgurlygy (tapylyş predeli). Duýgurlyk kesgitlenýän maddanyň iň minimal mukdaryny aňladýar. Usulyň dogrulygy bolsa alnan maglumatyň iň anyk baha ýakynlaşmagydyr. Seljerijilik-bu kesgitlenýän maddanyň beýleki maddalardan saýlanylyşy. Fiziki-himiki usullar, köplenç, iň kiçi mukdardaky komponentleri kesgitlemek, analizi çaltlaşdyrmak, awtomatlaşdyrmak we beýleki oňaýlyklary döretmek üçin ulanylýar. Şeýle hem bu usullarda, köplenç, himiki reaktiwleri ulanmagyň geregi ýok.

Häzirki wagtda analitiki laboratoriyalarda şu instrumental usullary giň meşhurlyga eýedirler: fotokolorimetriýa, spektrofotometriýa, spektral analiz, elektrohimiki usullar, radiometriki, mass-spektrometriki, hromotografiýa usullar hem-de olaryň kombinasiýasy. Bu usullar häzir kompýuterler bilen utgaşdyrylýar.

Käte kesgitlenýän maddalaryň konsentrasiýasy örän kiçi sanlar bolýarlar. Meselem, ýarym geçiriji hökmünde ulanylýan germanide 10^{-7} % garyndylary kesgitlemeli bolýar. Bu diýildigi onuň 1 gramynda 10^{-9} gr ýa-da 0,001 mkg garyndyny tapmaly diýiligidir.

Soňky wagtlarda ion-selektiw elektrodларыnyň usullary giň ýaýrap ugradylar. Olara ionomerler diýilýär. Analiziň duýgurlygyny we dogrulygyny artdyrmak üçin kesgitlenýän maddanyň konsentrasiýasyny köpeltmeli bolýar. Oňa analitiki himiýada konsentrirlemek diýilýär. Munuň üçin himiki we fiziki-himiki usullar ulanylýar. Olardan iň köp ýaýranlary şulardyr: ekstraksiýa, ion çalşygy, çökdürmek, bile çökdürmek. Bu usullaryň üsti bilen kesgitlenýän madda analiz edilýän maddadan bölünip çykarylýar. Şonda onuň konsentrasiýasy köpelyär, ikinjiden bolsa, oňa päsge berýän fon aýrylýar. Bu usullar hem örän arassa we mukdar taýdan hiç hili ýitgisiz geçirilmelidir.

Analiziň dogrulygy şeýle hem synag nusganyň alnyşyna baglydyr. Has hem bu düzümi endigan bolmadyk materiallara degişlidir. Meselem tehniki materiallar, dag magdany, minerallar we ş.m. Birnäçe usullardan birini saýlap almak hem aňsat mesele

däldir. Munuň üçin, köplenç sada, arzan, ýokary takyklygy bilen tapawutlanýan usullar alynýar. Şeýle hem analiziň işini ýeňilleşdirmek üçin analizi awtomatlaşdyrýan usullar köp ulanylýar.

Şeýle hem analiz üçin ulanylýan erginleriň taýýarlanyşy uly rol oýnaýar. Meselem, aýna gaplaryndan Na, SiO₂ çykyp ergine geçmegi mümkin ýa-da ergindäki juda az konsentrasiýadaky kesgitlenýän madda, aýna gaplaryň diwarlary bilen ýuwdulmagy mümkin. Ergin köp saklansa, ýagtylyga sezewar edilse we başga ýagdaýlarda ergindäki konsentrasiýanyň üýtgemegi mümkin.

Eger mümkin bolsa aýna gaplardan däl-de polietilen, ftoroplast we inert materiallardan ýasalan gaplardan peýdalanmaly. Olar himiki taýdan örän durnukly.

Seljerijilik uly ähmiýete eýedir. Ol ýokary ion fony bar ýerinde şol ýa-da başga gerek bolan komponenti kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Umuman, analiziň usullary köpdür. Ýöne olaryň hemmesinde az-da, kän-de ýalňyş göýberýärler. Şonuň üçin ähli alnan maglumatlary statistiki taýdan işlemeli. Ol bolsa ýörite usullar bilen ýerine ýetirilýär.

19. ANALIZIŇ NETIJELERINI STATISTIKI TAÝDAN IŞLEMEK

Öňki áydyşymyz ýaly, analiz ýerine ýetirilende bize mälim bolmadyk şerte görä ýalňyşlyk gitmegi mümkin. Ol ýalňyşlyklar, esasan, iki görnüşde bolýar.

- 1) sistematiki ýalňyş (hemişe gaýtalanýan);
- 2) tötänleýin ýalňyş (tötänleýin döreyän).

Sistematiki ýalňyşy, köplenç, standart nusgalaryň ýa-da köp sanly özara bagly bolmadyk usullaryň üsti bilen tapýarlar. Tötänleýin ýalňyşlygy bolsa köp sanly parallel analizleri ýerine ýetirip, alnan maglumatlary soňra statistiki taýdan işläp tapýarlar. Goý aýdaly X_1, X_2, X_3 sanly netijeler alnan bolsun. Olaryň umumy sany n bolýar. Onda olaryň ortaça arifmetiki bahasy bolan $\bar{X}$ deňdir:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_i + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i .$$

Biziñ ymtylýan hakyky bahamyz bolsa μ diýeliň. Iň gowy bolanda $\bar{X} \approx \mu$. Her bir ölçegiň sowulmasy deňdir:

$$E_i = X_i - \bar{X} \dots$$

Muňa ýekeleýin sowulma diýilýär. Ähli ýekeleýin sowulmany algebraik jemi bolsa 0-a deňdir:

$$\sum_{i=1}^n E_i = 0.$$

Ölçeğleriň netijeleriň orta baha görä pytramagyna bolsa, dispersiýa S^2 diýilýär:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}$$

ýa-da orta kwadrat sowulma S diýilýär:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}} .$$

Onuň orta baha X bolan gatnaşygyna bolsa, otnositel standart sowulma diýilýär:

$$S_r = \frac{S}{X} .$$

Bu hasaplamalar, esasan, matematikanyň ähtimallyk nazaryýetiniň kanunlaryna laýyklykda ýerine ýetirilýär. Meselem, onda Gaussyň çyzygy diýilýän aňlatma ulanylýar. Statistiki işlemek diňe bir analitiki himiýada däl-de, eýsem, hemme ýerde köp meňzeş sanlary işläp, olardan orta bahany çykarmak üçin ulanylýar. Statistiki maglumat näçe köp ýygňalan bolsa, şonça-da hakyky orta baha bolan μ ululyga köp ýakynlaşylýar. Munuň iş ýüzünde nähili ýerine ýetirilişine siz laboratoriýa işlerinde göz ýetirersiňiz.

Mysal: Analitiki terezide ölçemäniň absolýut ýalňyşlygy aýdaly 0,0001 g. Eger çekim 0,2175 g bolsa onuň hakyky agramy bolýar:

$$g_{\text{hakyky}} = 0,2175 \pm 0,0001 \text{ g.}$$

Bu diýildigi onuň agramy 0,2174-den, 0,2176 g-a çenli aralykda bolup biler diýiligidir. Muňa absolýut ýalňyşlyk diýilýär.

Şeýle hem otnositel ýalňyşlyk tapylýar. Biziň mysalymyzda aşakdaka deňdir:

$$E_{\text{otn}\%} = \frac{E_{\text{abs}} \cdot 100}{\bar{X}} = \frac{0,0001 \cdot 100}{0,2175} = \pm 0,05\% .$$

20. ANALIZIŇ OPTIKI USULLARY. ANALIZIŇ FOTOMETRIKI USULLARY (fotokolorimetriýa, spektrofotometriýa)

Haçanda erginiň üstünden ýagtylygyň akymy göýberilende (geçende) onuň başlangyç intensiwligi J_0 , ergin tarapyndan ýuwdulýanlygy üçin peselýär we J intensiwligige eýe bolýar. J_0 we J intensiwlikleriniň bahalaryny eksperimental usulda kesgitlep bolýar. Olaryň özara baglanyşygy Bugeriň - Lambertiniň kanuny esasynda ýazylýar:

$$J = J_0 \cdot e^{-a\ell}$$

Bu ýerde e - natural logarifmiň esasy, a - ýuwdulmak koeffisiýenti, ℓ - ýuwudýan gatlagyň galyňlygy.

Bu kanuna laýyklykda şol bir maddanyň şol bir galyňlykdaky gatlagy üstüne düşýän ýagtylygyň şol bir bölegini (paýyny) ýuwudýar.

$$T = J / J_0$$

gatnaşyga bolsa geçirijilik diýilýär. Ol 0-dan 1-e çenli üýtgäp biler. Köplenç, ony %-de aňladýarlar. Eger 1 sm galyňlyk üçin bolsa onda geçirijilik koeffisiýenti hem diýilýär. Olaryň şu gatnaşygyna:

$$A = \lg (J_0 / J) = -\lg T$$

bolsa, optiki dykzlyk diýilýär. Ol ýagny

$$\lg(J_0 / J) = K_1 C.$$

K_1 - proporsionallyk koeffisiýenti, C - eredilen maddanyň konsentrasiýasy.

Muňa Berin kanuny hem diýilýär. Ony Bugerin - Lambertiň kanuny bilen birleşdirip Bugerin - Lambertiň - Beriň deňlemesini alýarys:

$$J = J_0 \cdot 10^{-kcl}$$

Bu ýerde K - ýagtylyk ýuwutmanyň koeffisiýenti, ol eredilen maddanyň tebigatyna baglydyr.

Eger-de $C = \text{mol}/\ell$, $\ell = \text{sm}$ bolsa, onda K ýagtylyk ýuwutmanyň molýar koeffisiýentini aňladýar we ϵ_λ bilen aňladylýar. Onda:

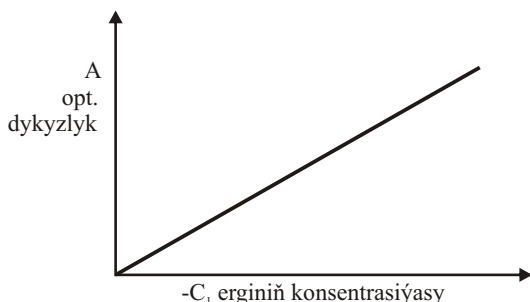
$$J = J_0 \cdot 10^{-\epsilon_\lambda c l}$$

Onda optiki dykzlyk deňdir:

$$A = \epsilon_\lambda C l$$

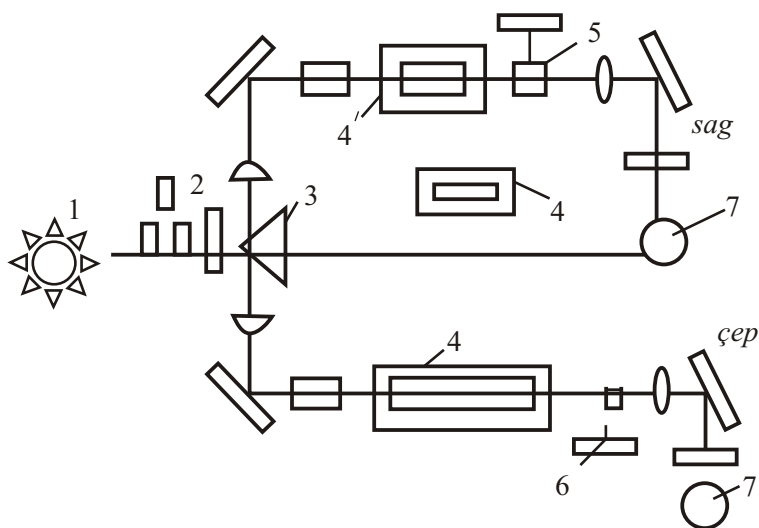
Onuň grafiki aňladylyşy aşakdaky ýalydyr: ol (hemişelik l bahasynda) konsentrasiýa göni proporsionaldyr (7-nji surat).

Şu nazaryýete esaslanyp birnäçe analitiki gurallar döredilendir. Olaryň hemmesiniň işleýiş prinsipi standart we barlanylýan erginleriň üstünden ýagtylyk geçende olarda ýagtylygyň ýuwdulyşynyň ýa-da geçirijiliginiň deňeşdirilmegine esaslanandyr. Munuň üçin, esasan, fotokolorimetrler ýa-da spektrofotometrler ulanylýar. Meselem, (8-nji surat) fotoelektrik kolorimetrler KFK-2, KFK-3 we başgalar. Olaryň optiki shemasy:



7-nji surat.

Optika dykzlygynyň konsentrasiýa baglylygynyň grafigi

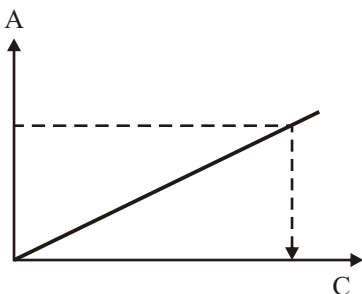


8-nji surat.
Fotoelektro kolorimetriň işleýiş shemasy

1- ýagtylyk çeşmesi, 2-ýagtylyk süzgüji, 3-prizma, 4-eredijili ýa-da deňşdirilýän erginli kýuweta, 4'-barlanylyan erginli kýuweta, 5-süýşürilýän diafragma, 6-kompensasiýa diafragması, 7-fotoelementler.

Ýagtylyk çeşmesinden (1) çykýan ýagtylyk akymy ýagtylyk süzgüjinden 2- den geçip, prizma (3)-e düşýär. Ol prizma ýagtylyk akymyny ikä bölýär: çep we sag. Soňra parallel akymlar 4-4 we 4-4' kýuwetalaryň we 5,6 diafragmalaryň üstünden geçýärler we fotoelemente 7 düşýär. Ol fotoelement, bolsa mikroampermetr bilen birleşdirilendir. Sag tarapdaky ýagtylyk akymyna eredijili kýuwetany 4 ýa-da barlanylyan erginli kýuwetany 4' girizip süýşürilýän diafragma 5 bilen sag fotoelemente düşýän ýagtylyk akymynyň ululygy üýtgedilýär. Şeýlelikde, sagdaky baraban ölçeyän, çepdäki baraban bolsa - kompensasiýa edýän baraban bolup hyzmat edýärler. Umuman, ilki barlanylyan erginli kýuwetanyň üsti bilen mikroampermetrde "0" tapylýar. Soňra sag ýagtylyk akymynda eredijili kýuweta goýulýar. Şonda mikroampermetrleriň strelkasy süýşýär. Ony ýene-de "0" geçirmek üçin diafragma üýtgedilýär we onuň bahasy barabanda getirilýär (optiki dykyzlygy).

Analiz üçin belli konsentrasiýaly erginleriň kömegi bilen ilki kalibrleýji grafik gurýarlar (9-njy surat).



9-njy surat.
Kalibrleýji grafik



10-njy surat.
KFK-2 fotoelektrokolorimetriň
daşky görnüşi

Soňra şonuň bahalary, ýagny optiki dykzlygy boýunça analiz edilýän näbelli erginde gözlenilýän konsentrasiýa tapylýar 10-njy suratda KFK-2 fotoelektrokolorimetriň daşky görnüşi görkezilen.

21. ELEKTROHIMIKI USULLAR

Potensiometriýa usuly. Bu usul elektrik hereketlendiriji güýjüň (EHG) elektrohimiki (potensiometrik) ýaçeýkada analiz edilýän ergindäki kesgitlenýän maddanyň konsentrasiýasyna baglylygyna esaslanandyr. Ideal halda bu baglylyk Nernstiň deňlemesi bilen aňladylýar.

$$E = E^0 + \frac{2,3RT}{F \cdot n} \lg a \quad (1)$$

Bu ýerde E - ölçenilýän EHG, R - gaz hemişeligi, T - absolýut temperatura (K), F - Faradeýiň hemişeligi, n - elektronlaryň sany, a - kesgitlenýän maddanyň aktiwligi.

İň ýönekeý potensimetriýa ýaçaýka iki elektrody özünde saklaýar. Bir elektroduň potensialy kesgitlenýän ionlaryň konsentrasiýasyna bagly bolýar. Oňa **indikator elektrody** diýilýär. Ikinji elektroda bolsa deňşdirme elektrody diýilýär. Sebäbi indikator elektrodyň potensialy deňşdirme elektrodynyň potensialyna görä ölçenilýär. Elektrodyň potensialyna täsir edýän ionlara potensial kesgitleýji ionlar diýilýär. Meselem, H^+ , F^- , J^- , Na^+ , NO_3^- we başga-da köp ionlary bu usul arkaly kesgitläp bolýar.

Käte iki elektrody hem bir erginde ýerleşdirip bolýar. Ýöne, köplenç, ol elektrodлары аýры-аýрыlykda dürli erginlerde ýerleşdirýärler. Soňra olary elektrolitler arkaly birleşdirýärler. Şonuň üçin, köplenç, KCl elektroliti ulanylýar.

Şeýle maksat üçin KNO_3 , NH_4NO_3 , RbCl elektrolitleri ulanylyp bilner.

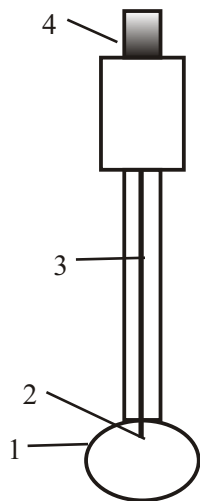
Elektrodlar aşakdaky 2 topara bölünýärler:

- ergin bilen elektrodyň arasynda elektrik togy elektronlar arkaly amala aşyrylýar.
- membrana elektrodлары: bularda elektrik togy ionlar arkaly geçirilýär.

Elektrodlar metal plastinka ýa-da sim görnüşinde bolýarlar. Köplenç, deňşdirme elektrody hökmünde doýgun kalomel elektrody, hlorkümüş elektrody ulanylýar. Ol metal simapdan, Hg_2Cl_2 we KCl maddalarynyň gaty fazalaryndan we olaryň doýan ergininden durýar.

Indikator elektrodлары hökmünde bolsa wodorod (*11-nji surat*) we hingidron elektrodлары hyzmat edýärler. Olaryň teoriýasy we aýratynlygy bilen fizimiýa dersi boýunça tanyşsyňyz.

Membrana elektrodларыna başgaça ionselektiw elektrodлары hem diýilýär (ISE). Bularda ion çalşygy membrana bilen erginiň arasynda bolup geçýär. Bu elektrodlarda onuň içindäki ergin bilen daşyndaky analiz edilýän ergin membrana arkaly bölünýär. Diýmek, bu elektrodlarda içerki erginlerde daşarky ergindäki kesgitlenilýän ion bilen birmeňzeş bolan ionlar bolmaly. Şonuň



11-nji surat.
Aýna elektrody

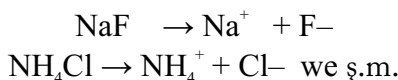
- 1 - aýna membranasy;
2 - hlór kümüş elektrody;
3 - HCl kisloata ergini;
4 - ekranlaşdyrylan geçiriji.

üçin bular ionlara selektiw, ýagny olary saýlaýan bolýarlar. Bularyň esasy 3 görnüşi bolýar:

- 1) gaty membranalary;
- 2) suwuk membranalary;
- 3) aýna elektrodly.

Adyndan belli bolşy ýaly, ion selektiw elektrodлары elektrohimíýanyň potensiometriýa usullarynyň biri bolup, ol erginlerde haýsy-da bolsa bir indiividual, ýagny ýeketäk iony saýlap kesgitlemäge esaslanandyr. Bilşimiz ýaly, tebigi suwlar, senagat akyndy suwlary we beýleki çylşyrymly erginlerde bir däl-de, eýsem birnäçe görnüşli ionlar bolup bilýärler. Şonça dürli ionlaryň içinden gerekli ionyň mukdaryny kesgitlemek analitiki himiýada iň wajyp wezipeleriň biridir. Güýçli elektrolitleriň, ýagny ähli duzlaryň, güýçli kislotalaryň,

aşgarlaryň erginlerinde eredilen madda molekula görnüşinde däl-de, ionlar ýagny zaryadly atomlar we atomlar topary görnüşinde bolýarlar. Bu erginler şonuň üçin ionlar arkaly elektrik toguny geçirmäge ukyply bolýarlar. Şonuň üçin olara elektrolitler diýilýär. Şeýle maddalaryň ionlara dargamak hadysasyna bolsa elektrolitik dissosiasiýa diýilýär. Meselem:



Diýmek, biz analiz boýunça ftoruň konsentراسiýasyny kesgitlemeli bolsak, hakykatda şony F^- -iony görnüşinde tapýarys. Elbetde, analiz edilýän erginde F^- - ionyndan başga-da birnäçe dürli zaryadly ionlar bolup biler. Şol beýleki ionlar elektrostatiği guýçleriň netijesinde F^- -iony bilen ýa çekişer, ýa-da itekleşer. Bu bolsa F^- -ionyň işjeňligini (aktiwligini) peseldýär. Erginiň konsentراسiýasy näçe ýokary bolsa, ionlaryň aktiwligi hem barha pe-

selyär we berlen konsentrasiýadan kiçi bolýar. Ol aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$a = f \cdot c \quad (2)$$

bu ýerde a - ionlaryň aktiwligi (g-ion/ ℓ), c - ionyň konsentrasiýasy (g-ion/ ℓ), f - aktiwlik koeffisiýenti (ölçegsiz birlik).

Bu ýerde hakykatda f -düzediş koeffisiýentiniň roluny oýnayar. Haçanda $f \rightarrow 1$ bolanda $a \rightarrow c$; Meselem, ergin näçe köp gowşak bolsa $a \approx c$. Ýokary konsentrasiýaly erginlerde $f < 1$. Umumy halda:

$$f \leq 1 \text{ we } a \leq c.$$

Aktiwlik koeffisiýentiniň bahasy ergindäki ähli ionlaryň konsentrasiýasy we olaryň zarýadlarynyň ululygyna, ýagny ion güýjüne aşakdaky ýaly baglydyr:

$$\mu = \frac{1}{2} \sum Z_i^2 C_i + \dots + Z_n^2 C_n. \quad (3)$$

Bu ýerde μ erginiň ion güýji, C -her ionyň konsentrasiýasy, Z - ionyň zarýady.

Meselem, 0,1M CaCl_2 ergini üçin: $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{2} \sum Z_{\text{Ca}^{2+}}^2 \cdot C_{\text{Ca}^{2+}} + Z_{\text{Cl}^-}^2 \cdot C_{\text{Cl}^-} = \frac{1}{2} \sum 0,1 \cdot 2^2 + 1^2 \cdot 2 \cdot 0,1 = \frac{1}{2} (0,4 + 0,2) = \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,6 = 0,3. \end{aligned}$$

Ion güýjüniň bahasyna degişli f -iň bahasyny ýörite tablisa-dan tapyp we (2) formulanyň üsti bilen ionlaryň aktiwligini kesgitläp bolýar. Biziň ýokardaky mysalymyzda ol şeýle: Goý, $\mu = 0,3$ bolanda $f = 0,7$ bolsun.

Onda:

$$a_{\text{Ca}^{2+}} = f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot C_{\text{Ca}^{2+}} = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07 \text{ g-ion}/\ell$$

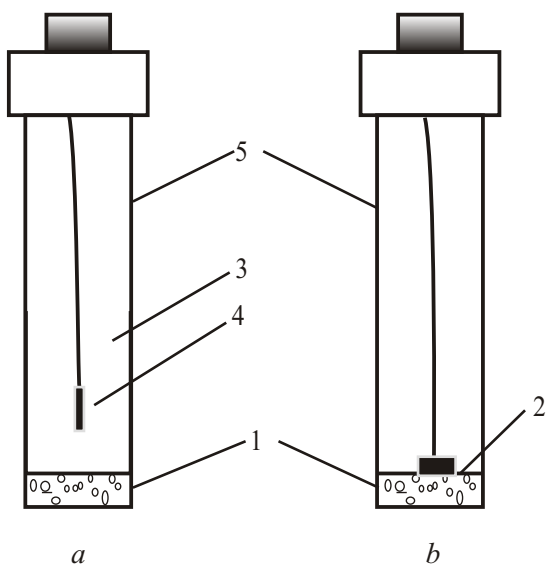
$$a_{\text{Cl}^-} = f_{\text{Cl}^-} \cdot C_{\text{Cl}^-} = 0,7 \cdot 2 \cdot 0,1 = 0,7 \cdot 0,2 = 0,14 \text{ g-ion}/\ell$$

we ş.m.

Elektrohimiýadan bilşimiz ýaly, potensimetriýa usulynda, erginlerde ionlaryň konsentrasiýasy şol ergine batyrylan indikator elektrodynyň elektro-himiki potensialyny ölçemeklige esaslanandyr.

Elektrod potensiýal bolsa ionyň konsentrasiýasy, has takygy aktiwlik bilen Nerstiň deňlemesi arkaly baglanyşyklydyr (1).

Ine şu kanunalaýyklyklara esaslanyp, hem ionselektiw membrana elektrodлары işleýärler. Ol degişli galwaniki ýarym elementleriň EHG-ni ölçemeklige esaslanýar. Onuň gurluşy 12-13-nji suratlarda görkezilen: munuň elektrod materialy gaty ýa-da suwuk membranadan ybarat bolup durýar.



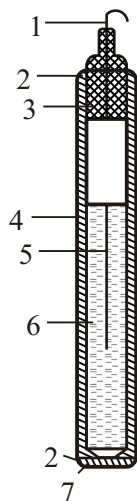
12-nji surat.

Ionselektiw elektrodyň shemasy.

a – içerki deňşdirme sistemasy;

b – gaty tok geçirijili

1-membrana sistemasy; 2-metal kontakt; 3-deňşdirme ergini; 4-deňşdirme elektrody; 5-korpus



13-nji surat.

Ionoselektiw membrana elektrodyň gurluşy.

1-mis simjagazy; 2-ýelimli birleşdirme; 3-rezin dyky; 4-deňşdirme ergini; 5-içerki Ag/AgCl elektrod; 6-korpus; 7-duýgur element

Şoňa kesgitlenýän iony bolüp çykarmaga ykyply bolan madda girizilen. Şol ionlar suw ýa-da elektrolitiň suw erginleri bilen galtaşanda ergine geçip bilýärler (kä halatlarda, tersine, bu ionlar erginden membrana geçip bilýärler). Netijede, membrananyň üstünde, ergine geçen ionlaryň zarýadyna gapma-garşy bolan zarýad emele gelyär. Şeýlelikde, membrana ergin fazalar araçäginde potensial emele gelyär. Şol potensialyň ululygy bolsa, kesgitlenýän ionlaryň ergindäki aktiwligine bagly bolýar.

Diýmek, görşümüz ýaly ionselektiw, ýagny membrana elektrod galwaniki ýarym element bolup şulardan durýar:

- ionselektiw membranadan;
- içerki erginden;
- içerki deňşdirme elektroddan (meselem, hlör kümüş elektrodyndan).

Şeýlelikde, şol ýa-da beýleki ionyň aktiwligini (konsentrasiýasyny) kesgitlemek üçin aşakdakylar gerek:

- degişli ionselektiw elektrody;
- deňşdirme elektrody;
- potensiyal ölçeýji abzal.

Şularyň hemmesini özünde jemleýän gurallara ionomerler diýilýär. Olardan öňden ulanylyp gelinýän meselem, H^+ - ionyny kesgitleýän pH-metrler (*14-nji surat*).

Membrana elektrodлары gaty we suwuk görnüşde bolup bilýärler. Gaty membrana elektrodлары bolsa gomogen we geterogen görnüşde bolýarlar. Gomogen elektrodларда membrananyň materialy hökmünde, kesgitlenýän iony saklaýan eremesi pes birleşmeler hyzmat edýärler. Meselem, kümüş iony-



14-nji surat. pH-metr guraly

ny kesgitlemek üçin kümşüň sulfidinden edilen membrana ulanylýar. F^- - iony kesgitlemek üçin membrana hökmünde lantanýň fluoridi ulanylýar (LaF_3).

Geterogen membranalar haýsydyr bir baglaşdyryjy inert materialyny (matrisany) saklaýar we ol mehaniki berkligi üpjün edýär, meselem: parafini, kauçugy, polietileni, we ş.m. Olardaky dispersiýa görnüşindäki duzlar, meselem: CaC_2O_4 , $BaSO_4$, AgJ , Ag_2S şol duzlaryň düzümine girýän ionlary kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

Suwuk membranalary suwuk ýa-da organiki eredijilerde taýýarlanan erginlerden ýa-da ionitlerden ýasaýarlar. Olar suw bilen garyşmaýan bolmaly. Meselem, Ca^{2+} - ionyny fosfor kislotasynyň efiriniň kalsiý duzynyň esasynda kesgitlemek mümkin. Nikeliň fenantrolinaty $Ni(Phen)_3(NO_3)_2$ NO_3^- - ionyny kesgitlemek üçin ulanylýar.

Ionselektiw elektrodalaryň aşadaky artykmaçlyklary bar:

- aýratyn iony çylşyrymly erginlerde individual kesgitläp bolýär;

- reňkli, bulanyk erginleri hem analiz edip bolýar;- duýgurlygy ýokary $10^{-5} - 10^{-7} M$, (käte $10^{-19} M$ çenli);

- bir ölçeg üçin nusganyň minimal mukdary 0,05-1ml we başgalar;

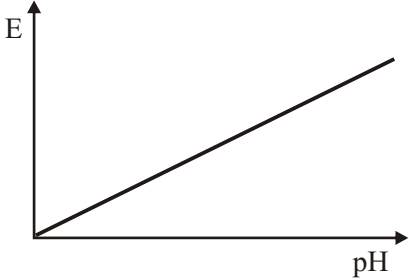
- analitik guralyň elýeterligi we sadalygy.

Häzirki wagtda şu ionlaryň ion selektiw elektrodлары bar: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sn^{2+} , Pb , Cl^- , Bi^- , F^- , NO_3^- we başgalar. Bulardan has hem fluor-selektiw elektrod örän ähmiýetlidir. Çünki F^- -ionyny kesgitlemegiň beýleki usullary örän kyn. Ony tebigi suwlarda, akyndy suwlarda kesgitlemek ekologik taýdan örän wajyp. Şeýle hem NH_4^+ - ionyny kesgitlemek üçin hem bu usul örän amatly. Biziň kärhanalarymyzyň – Türkmenabadyň, Marynyň zawodlarynyň akyndy suwlarynda F^- we NH_4^+ ionlary saklanýar. Şol suwlary arassalamak üçin, ionlaryň örän kiçi konsentrasiýalaryny kesgitlemek gerek bolýar. Şeýle hem ekologiki taýdan agyz suwuny, gök-önüm, bakja önümlerinde NO_3^-

ionlaryny stasionar däl şertlerde kesgitlemek üçin bu usul giňden ulanylýar.

Umuman, bu usulyň dürli analitiki maksatlarda ulanylyşynyň geljegi uludyr.

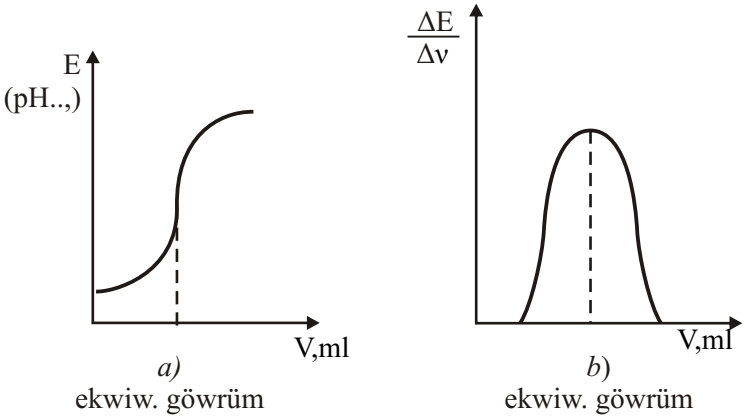
Aýna elektrodлары erginleriň pH-y kesgitlemek üçin köp ulanylýar. Olara pH-metrler diýilýär.



15-nji surat.
Erginiň pH-nyň üýtgemegine elektrod potensialyň baglylygy

Sebäbi pH-yň üýtgemegine göni proporsionallykda elektrodyň potensialy üýtgeýär (15-nji surat).

Potensiometriki titrleme usuly islendik maksat üçin bir maddanyň ergininiň üstüne başga bir maddanyň ergini goşulanda üýtgeýän potensialy ölçemeklige esaslanandyr. Meselem, kislota - esas titrlemesinde pH-yň üýtgemegi, okislenme - gaýtarylma reaksiýasy geçýän erginlerde EHG-niň üýtgemegi we başgalar. Şonuň esasy maksady ekwiwalent nokadyny tapmak bolup durýar. Munuň üçin bolsa titrleme çyzyklaryny gurýarlar. Abssissa okunda erginiň gidýän göwrümini v , ordinatada bolsa döreyän EHG bahasyny ýazýarlar (16-njy suratda).



16-njy surat. Titrleme çyzyklarynyň görnüşleri
a) integral grafik; b) differensial grafik

22. ANALIZIŇ SPEKTRAL USULLARY

Fizikadan we atomyň kwant himiýasyndan belli bolşy ýaly, daşardan gyzdymak arkaly energiýa berlende atomlar oýanýarlar we bir energetiki ýagdaýdan beýleki energetiki ýagdaýa geçip bellibir uzynlykda tolkunlary emele getirýärler. Olara bolsa spektrler diýilýär. Her bir atomyň diňe özüne mahsus bolan spektri bolýar. Ol spektriň üsti bilen atomy hil ýa-da mukdar taýdan kesgitlep bolýar. Muňa esaslanan analitiki usullara bolsa spektral usullar diýilýär. Ol spektrleriň şöhlemenmegine, ýuwdulmagyna we pytradylmagyna esaslanýar. Spektral analiziň şu aşakdaky görnüşleri bardyr :

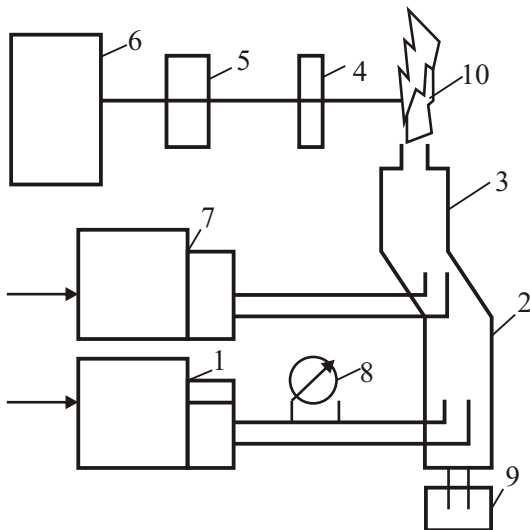
1. Emissiýa spektral analizi.
2. Ýalynly spektrofotometriýa.
3. Atom-absorbsiýa spektral analizi.
4. Turbidimetriýa.
5. Nefolometriýa.
6. Iýuminessent ýa-da fluorescent usullary we başgalar.

Emissiýa spektral analizinde analiz edilýän maddany elektrik duganyň ýa-da başga ýylylyk çeşmesiniň üsti bilen oýarýarlar. Şunda şol maddadaky her bir atom bellibir uzynlykdaky tolkun şöhlelendirýär. Munda şol döreýän spektral çyzyklaryň intensiwligi ol elementiň analiz edilýän maddadaky konsentrasıyasyna göni bagly bolýar. Ol baglanyşyk aşakdaky formula boýunça aňladylýar. (B.A.Lomakiniň formulasy):

$$J_A = a \cdot c^b.$$

Bu ýerde J_A - kesgitlenýän elementiň spektral çyzygynyň, intensiwligi, c - konsentrasıya, a we b - hemişelik ululyklar.

Ýalynly spektrofotometriýa usuly bolsa analiz edilýän maddanyň ýalynda oýandyrylmagyna we onuň intensiwliginiň ölçenilmegine esaslanandyr. Şonuň üçin ýörite ýalynly fotometrler diýlip atlandyrylýan gurallar ulanylýar. Olaryň işleýiş shemasy aşakda görkezilendir (17-nji surat).

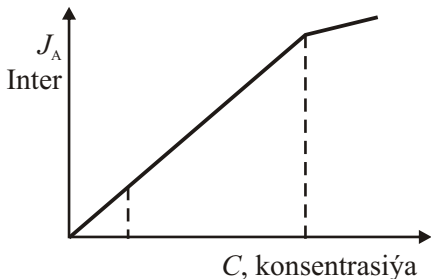


17-nji surat.
Ýalynly fotometriň işleýiş shemasy

1 - gysylan howany berýän kompressor, 2 - pürküji, 3 - ýandyryjy, 4 - ýagtylyk süzüji, 5 - fotoelement, 6 - registirleýji abzal, 7 - ýanýan gazyň regulýatory, 8 - monometr, 9 - analiz edilýän erginli stakan, 10 - ýalyn.

Bu ýerde kompressor (1) pürküşä (2) gysylýan howany berýär. Şunda analiz edilýän ergin aerosol görnüşinde, ýagny ümür görnüşinde ýandyryja (3) düşýär. Şol ýandyryja bolsa ýanyjy gaz (propan, asetilen we ş. m.) berilýär we ýandyrylýar. Şeýlelikde, ýalyn emele gelýär (10) we ol ýalyn analiz edilýän maddanyň atomlaryny oýadýar we olar şöhlelenýär. Ol ýagtylyk süzgüjine (4) düşýär. Ol bolsa diňe kesgitlenýän elementiň atomynyň şöhlesini geçirýär, ýagny onuň tolkun uzynlygyna görä ol her element üçin ýörite saýlanyp oturdylýar. Şöhle soňra fotoelemente (5) düşýär we onda tok döredýär. Döreyän toguň güýji bolsa registirleýji priboruň (6), meselem, galwanometriň üsti bilen ölçenilýär. Şol döreyän toguň güýji barýan şöhläniň intensiwligine görä üýtgeýär.

Intensiwlik ol elementiň ergindäki konsentrasiýasyna göni proporsionaldyr. Ine, şeýlelikde şol toguň görkezmesi boýunça



18-nji surat.

Şöhlelenme arkaly emele gelýän tok güýjüniň konsentrasiýa baglylygy

analiz edilýän ergindäki elementniň mukdary kesgitlenýär. Bu abzalda görşümüz ýaly, esasy zatlaryň biri her elemente laýyk gelýän ýagtylygyň süzgüjini saýlamakdyr. Her element diňe özüne mahsus bolan tolkun uzynlygyna eýe-dir. Şoňa laýyk gelýän ýagtylyk süzgüji diňe şol elementniň şöhlesini geçirip beýleki atomlaryň şöhlesini ýuwudyp

geçirmeýär. Bu usul görnüşi ýaly şöhlelenmäniň bölünip çykmagyna, ýagny **emissiýa** esaslanandyr. Şöhlelenmäniň konsentrasiýa baglylygy grafik görnüşinde aşakdaky ýaly aňladylýar (18-nji surat). Ondan geçen şöhle soňra fotoelemente (5) geçip, onda tok emele getirýär.

Görşümüz ýaly bu usulda atomy oýandyryjy hökmünde energiýanyň çeşmesi bolup ýalyn hyzmat edýär. Emma ýalynyň temperaturasy gaty ýokary bolmaýar. (1200-1400⁰) Şonuň üçin, beýle ýagdaýlarda hemme elementleriň atomlary oýanyp bilmeýär. Munda diňe käbir aşgar metallarynyň, meselem: Na, K elementle-

riniň atomlary gowy oýanýarlar. Şonuň üçin bu abzallar, esasan, Na we K elementlerini kesgitlemek üçin ulanylýar. Bu abzallaryň görnüşleri köpdür (19-nji surat).

Käbir ýanyjy gazlaryň temperaturasy: howa + propan 1200⁰ - 1400⁰C (aşgar metallary üçin), howa + asetilen 2300⁰C (aşgar ýer metallary üçin) deňdir.

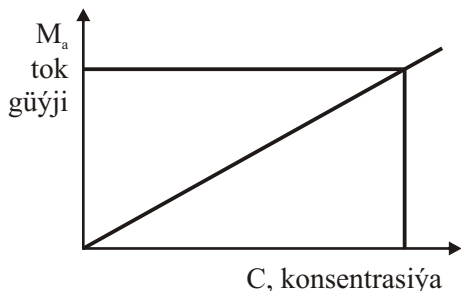


19-nji surat.

Ýalynyň spektrometr

Natriniň spektral çyzygy $\lambda=5890-5896\text{Å}^\circ$. Analiz etmek üçin ilki bilen etalon erginleri taýýarlaýarlar we soňra kalibrowka grafigini gurýarlar (20-nji surat).

Her gezek pürküşini we ýandyryjyny bidistillýat bilen gowy ýuwardlar.

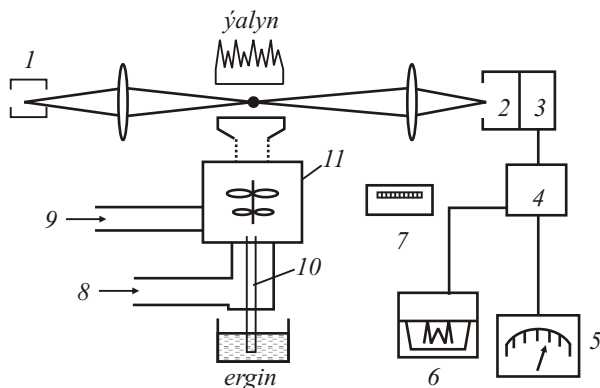


20-nji surat. Kalibrowka grafigi

23. ATOM-ABSORBSIÝA USULY

Oň aýdyşymyz ýaly bellibir şertlerde gyzdyrylan atomlaryň buglary kesgitli tolkun uzynlygyndaky şöhleleri göýbermäge ukyplydyrlar. Şeýle hem şol atomlaryň buglary goýberip bilýän şöhlelerini ýuwutmaga hem ukyplydyrlar. Ýuwdulmak prosesine bolsa **absorbsiýa** diýilýär. Şu prinsipe esaslanyp döredilen analitiki spektral usulyna bolsa atom-absorbsiýa usuly diýilýär.

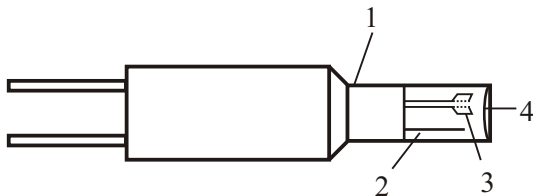
Atom-absorbsiýa spektrofotometriň işleýşiniň shemasy aşakdaky suratda görkezilendir (21-nji surat).



21-nji surat.

Atom-absorbsiýa spektrometriň işleýiş shemasy

1 - şöhlelenmäniň çeşmesi (spektral çyra); 2 - monohromator; 3 - detektor; 4 - güýçlendiriji; 5 - strelkaly gural; 6 - ýazýan gural; 7 - san ýazýan enjam; 8 - okislendiriji (howa, azot zakisi); 9 - ýanyjy gaz (asetilen); 10 - pürküşji; 11 - pürküşýän kamera.



22-nji surat. Spektral çyra

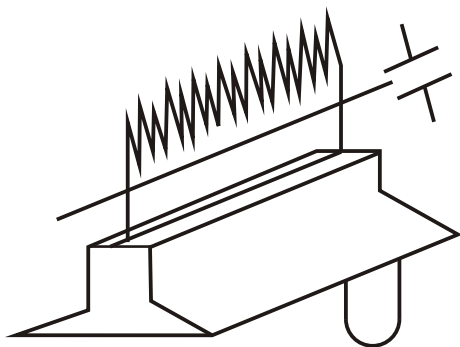
1- çyranyň ballony (molibden aýnasyndan ýasalýar, diametri 3-5 sm); 2-anod; 3-katod (kesgitlenýän elementden); 4-kwars äpişgesi.

Kesgitlenýän elementiň ýagtylyk çeşmesinden - spektral çyradan (22-nji surat) çykýan şöhle ýalnyň üstünden göýberilýär. Şol ýalna bir wagtyň özünde analiz edilýän ergin hem pürkülýär (aerozol görnüşinde). Şol goýberlen şöhläniň intensiwligini iki gezek ölçeyärler: ergin pürkilmänkä we pürkülýän wagtynda. Şolaryň arasyndaky tapawut hem gözlenilýän analitiki signaly aňladýar.

Spektral çyrasy boş katod bolup, onuň gurluşy aşakdaky ýalydyr:

Çyra inert gazy bilen doldurylýar (argon ýa-da geliý), basyşy 0,2-2 Mpa, naprýaženiýe 300-500 w.

Ýalyn almak üçin wodorodyň, propanyň, asetileniň howa, azot zakisi we başga okislendirijiler bilen garyndylary ulanylýar. Bulary ýakmak üçin bolsa inli jaýrykly ýandyryjy ulanylýar (23-nji surat).



**23-nji surat.
Ýandyryjynyň shemasy**

Bu usulyň ýalnyň fotometriýasy usulyndan artykmaçlygy köpdür:

1. Islendik metaly kesgitlep bolýar. Sebäbi her elementiň öz spektral çyrasy bolýar we şol analiz wagtynda oturdylýar. (Ca, Sr, Fe, Mn.....)

2. Ýokary duýgurlygy.

3. Ýokary öndürijiligi we başgalar. Bu usulda atomlary oýarmak üçin diňe ýalyn däl-de, eýsem, başga ýokary ýylylyk çeşmeleri hem ulanylyp bilner. Meselem, grafitiň ýanmagy we başgalar.

Bu usul arkaly 60-dan gowrak elementi kesgitlep bolýar. Şonuň üçin ol soňky döwürde giňden ulanylýar. Olardan käbiriň görnüşi 24-nji suratda görkezilen.



24-nji surat.
Atom – absorbsiýa spektrofotometri

24. ANALIZIŇ HROMATOGRAFIÝA USULLARY

Bu usullar şu aşakdaky alamatlary bilen tapawutlanýarlar: sistemanyň agregat ýagdaýy boýunça gaz; suwuklyk we gaz - suwuklyk hromatografiýasy;

- munda sistemadaky garyndy komponentlere bölünýär;
- bölüniş mehanizmi boýunça;
- absorbsion (suwuklyk, gaz), paýlanyş, ionçalşygy, çökdürme, okislenme-gaýtarylma, absorbsion - kompleks emele getirme hromatografiýasy;
- prosesiniň geçirilişiniň formasy boýunça-kolonkaly, kapilýarly, kagyзда we inçe gatlakly.

Hromotografiýa munuň özi - iki fazanyň ýagny biri hereketli beýlekisi hereketsiz bolan fazalaryň üstünden maddalaryň garyndysy goýberilende ondaky komponentleriň bölünmek prosessidir. Umumy halda ol şeýle bolýar (25-nji surat).

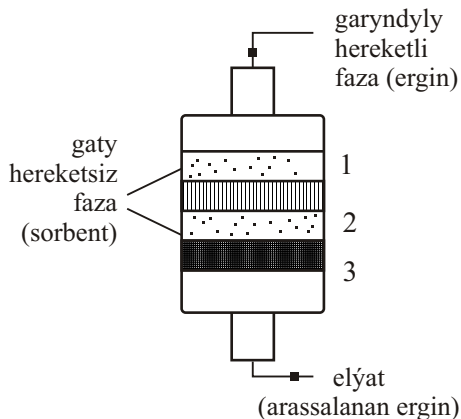
Bu usul gaz halyndaky, ergin halyndaky maddalardaky komponentleri bölmek, konsentirmek we analitiki taýdan hil we mukdar analizlerini geçirmek üçin giňden ulanylýarlar. Bu usullarda esa-

sy işçi agza sorujy material hökmünde tebigy ýa-da emeli alnan ýuwdujy maddalar ulanylýarlar. Olardan tebigy maddalar hökmünde silikagel, seolitler, alýumosilikatlar, aktiwleşdirilen kömür we beýlekiler ulanylýar. Sintetik usulda alnan emeli maddalardan her hili polimer maddalar, smolalar we beýlekiler ulanylýarlar. Munda esasy prinsip bolup şu ýagdaý hyzmat edýär: Eger-de hereket etmeýän gaty maddanyň üstünden ergin göýberilende ondaky komponentler dürli ýagdaýlarda ýuwudylýarlar. Ol, adatça, bölüniş koeffisienti bilen aňladylýar :

$$K = \frac{C_{\text{hereketsiz}}}{C_{\text{hereketli}}}$$

Bu ýerde K - bölüniş koeffisiýenti, $C_{\text{hereketsiz}}$ - komponentiň hereketsiz fazadaky konsentrasiýasy, (mol/ℓ), $C_{\text{hereketli}}$ - şol komponentiň hereketli fazadaky konsentrasiýasy, (mol/ℓ).

Hromotografiýanyň iň köp ýaýran we ulanylýan görnüşleriniň biri-de ionçalyşyk hromotografiýasydyr. Ergin ionlary bilen

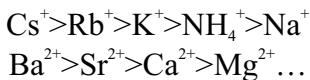


25-nji surat.
Hromatografiki bölünmäniň shemasy

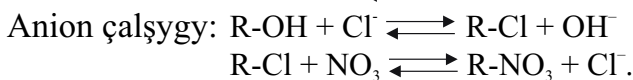
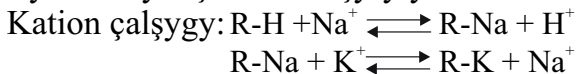
1 – ýuwudyjy (sorbent), 2 – bir maddanyň zolagy, 3 – ikinji maddanyň zolagy

sorbentde ýa-da ionitde ýerleşýän ionlaryň arasynda öwrülişikli ion çalşygy bolup geçýär. Şonuň üçin ilki ionçalşyryjy materialy haýsy hem bolsa bir ion bilen doýurýarlar. Meselem, H^+ , OH^- we ş.m. Soňra şol sorbentiň üstünden dürli komponentleri özünde saklaýan ergini göýberýärler. Şonda her hili walentli elementler dürli-dürli ýuwdulýarlar,

Meselem :



Bularyň ýuwdulmagy sorbentiň tebigatyna, selektiwligine we beýleki faktorlara baglydyr. Ionitler ýuwudýan ionyna görä kationitler, anionitler bolup bilerler. Meselem, kationitlere KU-2: KB-4 we beýlekiler degişlidirler. Anionitlere bolsa AB-17, AH-31 we beýlekiler degişli. Ionitlerde ion çalşygy şu aşakdaky reaksiýalar boýunça amala aşyrylýar:



Hromatografiýa usulynyň hemme görnüşleri analitiki hi-miýada giňden ulanylýar. Gazlaryň analizleri bolsa, meselem, tebigy gazyň düzümi diňe gaz ýa-da gaz-suwuklyk hromatogra-fiýa arkaly ýerine ýetirilýär. Gaz-suwuklyk hromatografiýasynda



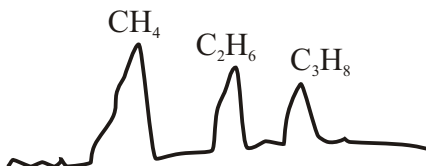
26-njy surat.
Gaz hromatografynyň görnüşi

gaty sorbentiň üstüne suwuk madda örtülendir. Munuň üçin ýörite gurallar - hromatograflar bar. Hereketli faza bolan äkidiji gaz hökmünde, köplenç, azot, geliý, argon, wodorod ulanylýar (26-njy surat).

26-njy suratda gaz hromatografynyň görnüşi getirilen.

Meselem, tebigy gazyň düzümindäki metan, etan,propan, kükürtwodorod, kömürturşy gazy we beýlekiler şu usul arkaly kesgitlenýär. Şunda ulanylýan gurallara hromatograflar diýilýär, olarda alynýan maddalaryň çyzgylaryna bolsa hromatogrammalar diýilýär. Olardaky pikleriň meýdany kesgitlenýän maddanyň analiz edilýän gazdaky konsentrasıyasyna göni proporsional bolýar.

Hromatogrammalaryň görnüşi:



Kesgitlenýän komponentiň mukdary şu formula boýunça kesgitlenýär:

$$C_i = \frac{Si}{\sum_n \overline{S}_i} \cdot 100 \% .$$

Bu ýerde Si – ýeke pikiň meýdany, $\sum_n Si$ – ähli pikleriň meýdanlarynyň jemi.

II bap
MUKDAR ANALIZINDEN ÇÖZGÜTLİ
MESELELER

1. GÖWRÜM ANALIZI

1-nji mesele.

10,0 g NaCl näçe gram-molekula saklaýar?

Çözülişi:

$$X = \frac{10,000}{\mu_{\text{NaCl}}} = 0,1709 \text{ g-mol.}$$

2-nji mesele.

0,1020 g-mol H₂O näçe molekula saklaýar?

Çözülişi:

1 g –mol H₂O $6,02 \cdot 10^{23}$ molekula saklaýar.

Onda,

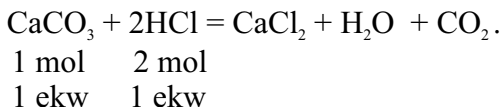
$$\begin{array}{l} 1 \text{ g-mol H}_2\text{O} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \\ 0,1020 \text{ g-mol H}_2\text{O} \text{ — } x \end{array}$$

$$x = \frac{0,1020 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{1} = 6,14 \cdot 10^{22}.$$

3-nji mesele.

1 g-mol CaCO₃ maddasyny eretmek üçin näçe g-mol, g - ekw we g HCl gerek?

Çözülişi:



Onda:

Netije		HCl		
		x g-mol	x g-ekw	x
CaCO ₃	1 g-mol	2	2	73,0
	1 g-ekw	1	1	36,5
	1 g	0,02	0,02	0,7294

$$\text{g-mol CaCO}_3 = 100,0; \text{ g-ekw CaCO}_3 = \frac{100}{2} = 50,0$$

$$\text{g-mol HCl} = 1+35,5 = 36,5;$$

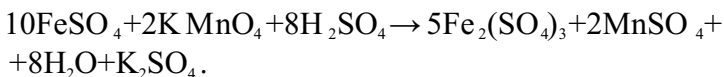
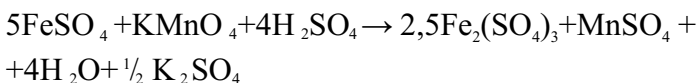
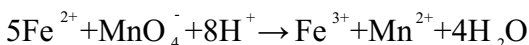
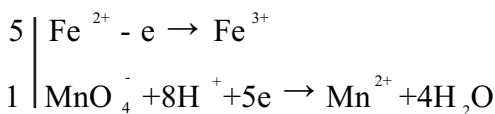
$$\text{g-ekw HCl} = \frac{36,5}{1} = 36,5; \quad 0,02 = \frac{1}{\frac{1}{2}\text{CaCO}_3};$$

$$\text{g HCl} = 0,02 \cdot 36,5 = 0,7294.$$

4-nji mesele.

1g-mol, 1g-ekw we 1g FeSO₄ maddasyny okislendirmek üçin, näçe g-mol, g-ekw we g KMnO₄ talap edilýär?

Çözülişi:



1 sany MnO₄⁻ iony 5 elektron alýar, şonuň üçin KMnO₄ maddasynyň ekwiwalent agramy aşakdaka deňdir:

$$\frac{1}{5} \mu_{\text{KMnO}_4} = \frac{1}{5} \cdot 158,03 = 31,61.$$

FeSO₄ –üň ekwiwalenti onuň molekulýar massasyna deň, sebäbi Fe²⁺ 1 elektron berýär: 151,9.

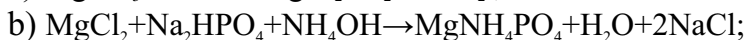
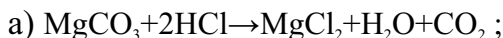
$$\frac{1}{\text{FeSO}_4} = \frac{1}{151,9} = 0,006585 \text{ g-ekw FeSO}_4 \text{ we şonça KMnO}_4$$

$$\frac{0,2 \text{ KMnO}_4}{\text{FeSO}_4} = \frac{31,61}{151,9} = 0,2081 \text{ g MnO}_4/\text{g FeSO}_4.$$

Netije		KMnO ₄		
		x g-mol	x g-ekw	x
FeSO ₄	1 g-mol	0,2	1	31,61
	1 g-ekw	0,2	1	31,61
	1 g	0,001317	0,006585	0,2081

5-nji mesele.

1 g MgCO₃ – den aşakdaky reaksiýalar boýunça näçe gram Mg₂P₂O₇ alnar?



Çözülişi:

Mg₂P₂O₇ (μ=222,6) 2MgCO₃ –den (μ=84,33) emele gelyär.

$$\text{Onda: } x = \frac{1 \cdot 222,6}{2 \cdot 84,33} = 1,320 \text{ g.}$$

Sebäbi

$$\begin{array}{rcl} \text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 & \text{MgCO}_3 & \\ 222,6 & \text{---} & 2 \cdot 84,33 \\ x & \text{---} & 1 \text{ g} \end{array}$$

$$x = \frac{1 \cdot 222,6}{2 \cdot 84,33} = 1,320 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 \text{ emele gelyär.}$$

6-njy mesele.

1 ℓ 10% - li ergini taýarlamak üçin, (ρ=1,09 g/ml) näçe g Na₂HPO₄·12H₂O almaly? Oňa suwuň haýsy göwrümini goşmaly?

Çözülüşi:

$$\frac{V}{1000} \cdot \rho = 1,09 = 1090 \text{ g} - 1 \text{ litre erginiñ agramy.}$$

Ondaky eredilen madda:

$$\begin{array}{rcl} 100 & \text{---} & 10 \\ 1090 & \text{---} & x \\ x = 1,090 \cdot \frac{10}{100} & = & 109 . \end{array}$$

Diýmek, 109 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ maddasy gerek.

Galany: $1090 - 109 = 981 \text{ g} = 981 \text{ ml}$ suw bolýar.

7-nji mesele.

1 litre 1 M ergin taýýarlamak üçin, näçe g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ gerek?

Çözülüşi:

$$1 \text{ g-mol } \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O} = 358 \text{ g.}$$

Diýmek, 1/ 1M ergin üçin 358 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ gerek.

8-nji mesele.

1 litre 1 g Cl^- ion saklaýan 1/ ergin taýýarlamak üçin, näçe g KCl talap edilýär?

Çözülüşi:

$$1 \cdot \frac{\mu \text{ KCl}}{\mu \text{ Cl}} = 1 \cdot \frac{74,5}{35,5} = 2,102 \text{ g.}$$

Sebäbi:

$$\begin{array}{rcl} \text{KCl} & & \text{Cl}^- \\ 74,5 & \text{---} & 35,5 \\ x & \text{---} & 1 \end{array}$$

$$x = (1 \cdot 74,5) / 35,5 = 2,102 \text{ g.}$$

Diýmek, 1 litre erginde 2,102 g KCl eredilen bolmaly.

9-njy mesele.

Turşy sredada ulanmak üçin gerek bolan 1/ 1N ergini taýýarlamak üçin, näçe g KMnO_4 talap edilýär?

Çözülüşi:

Turşy sredada MnO_4^- 5 elektron alýar we Mn^{2+} emele gelýär. Şonuň üçin soralyan KMnO_4 onuň ekwiwalentine deňdir:

$$X = \frac{\text{KMnO}_4}{5} = \frac{158,0}{5} = 31,60 \text{ g.}$$

Diýmek, 31,60g KMnO_4 eredilip, 1 litr ergin taýýarlanylmalý.

10-njy mesele.

36,25% P_2O_5 saklaýan H_3PO_4 ergininiň ($\rho=1,335 \text{ g/ml}$) molýarlygy näçe?

Çözülüşi:

$$\frac{1,335 \cdot 1000 \cdot 36,25}{100 \cdot 0,5 \cdot \mu_{\text{P}_2\text{O}_5}} = 6,88 \text{ M.}$$

Ýagny erginiň agramy

$$G = \rho \cdot V = 1,335 \cdot 1000$$

$$M_{\text{P}_2\text{O}_5} = 31 \cdot 2 + 5 \cdot 16 = 142$$

$$\frac{1}{2} M_{\text{P}_2\text{O}_5} = \frac{142}{2} = 71.$$

Onda:

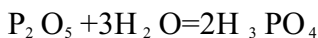
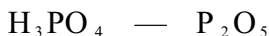
$$100 \text{ g} \text{ — } 36,25 \text{ g } \text{P}_2\text{O}_5$$

$$1,335 \cdot 1000 \text{ — } x$$

$$x = \frac{1,335 \cdot 1000 \cdot 36,25}{100} = 483,9 \text{ g.}$$

$$M = x / 0,5 M_{\text{P}_2\text{O}_5} = \frac{1,335 \cdot 1000 \cdot 36,25}{100 \cdot 71} = 6,88 \text{ M.}$$

Sebäbi



$$483,9 - x$$

$$x = \frac{196 \cdot 483,9}{142} = 674,9 \text{ g}$$

$$M = \frac{674,9}{\mu \text{ H}_3\text{PO}_4} = \frac{647,9}{98} = 6,88.$$

11-nji mesele.

a) 38,32%-li HCl kislotasynyň ($\rho = 1,19 \text{ g/ml}$) normallygynaňe?

b) eger bu kislota 1:3 gatnaşygynda gowşadylsa, onuň normallygynaňe bolar?

Çözülişi:

a) 1l ergindäki HCl – iň mukdary

$$\text{HCl} = \frac{1000 \cdot 1,19 \cdot 38,32}{100} = 456 \text{ g}.$$

$$\text{Bu ýerden } N = \frac{456}{36,5} = 12,5 \text{ N}.$$

b) 1 : 3 gatnaşykda gowşatmak diýmek, 1 göwrüm kislota we 3 göwrüm suw goşulýar diýiligidir. Onda göwrüm $1+3=4$ -e deň bolýar.

Onda soňky normallyk deňdir:

$$\frac{12,5}{1+3} = \frac{12,5}{4} = 3,04 \text{ N}.$$

12-nji mesele.

1 l 0,25 N NaOH ergini taýýarlamak üçin, näçe ml 8 N NaOH gerek;

Çözülişi:

$$a) N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$N_1 = 8$$

$$N_2 = 0,25$$

$$V_2 = 1 \ell = 1000 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{N_2 \cdot V_2}{N_1} = \frac{0,25 \cdot 1000}{8} = \frac{250}{8} = 31,25 \text{ ml}.$$

13-nji mesele.

2% -li HCl ergini almak üçin, onuň 2 l 1,5%-li erginine näçe ml 10 % -li HCl erginini goşmaly?

Çözülişi:

$$2000 \cdot \frac{2,0 - 1,5}{10 - 2,0} = 125 \text{ ml}$$

$$\begin{array}{ccc} 10 & \diagdown & 0,5 \quad (2 - 1,5) \\ & 2 & \\ 1,5 & \diagup & 8 \quad (10 - 2) \end{array}$$

$$2000 \cdot (2,0 - 1,5) = x \cdot (10 - 2,0)$$

$$x = 2000 \cdot \frac{2,0 - 1,5}{10 - 2,0} = 2000 \cdot \frac{0,5}{8} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ ml.}$$

14-nji mesele.

2,500g Na_2CO_3 - dan 500 ml ergin taýýarlanylýdyr. Bu ergin üçin hasaplamaly:

- a) titrini;
- b) molýarlygyny;
- ç) normallygyny;
- d) HCl boýunça titrini.

Çözülişi:

$$T = \frac{2,500}{500} = 0,005 \text{ g/ml}$$

$$M = \frac{T}{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} \cdot 1000 = \frac{0,005}{106} \cdot 1000 = 0,047 \text{ M}$$

$$N = \frac{T}{0,5 \mu_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} \cdot 1000 = M \cdot 2 = 0,0943 \text{ N}$$

$$T_{\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{HCl}} = \frac{N \cdot M_{\text{HCl}}}{1000} = 0,0943 \cdot \frac{36,5}{1000} = 0,00344 \text{ g HCl/ml.}$$

15-nji mesele.

Titri 0,005122 bolan H_2SO_4 erginiň normallygyny we mol-ýarlygyny hasaplamaly.

Çözülişi:

$$N = \frac{T}{0,5 \mu_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \cdot 1000 = \frac{0,005122 \cdot 1000}{0,5 \cdot 98} = 0,1044 \text{ N}$$

$$M = \frac{N}{2} = \frac{0,1044}{2} = 0,0522.$$

16-njy mesele.

Eger 0,1946 g Na_2CO_3 titrlemäge 20,45 ml HCl ergini gidýän bolsa, şol erginiň normallygyny kesgitlemeli.

Çözülişi:

Na_2CO_3 massasyny mg-a geçirýäris:

$$0,1946 \cdot 1000 = 194,6 \text{ mg.}$$

Onda, Na_2CO_3 – üň mg-ekw deňdir:

$$\frac{194,6}{0,5 \mu_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = \frac{194,6}{53} = 3,67 \text{ mg-ekw}$$

Na_2CO_3 –üň şu mukdary bilen HCl hem täsirleşýär ýagny 3,67 mg-ekw HCl.

Normallyk bolsa:

$$N = \frac{3,67 \text{ mg} - \text{ekw}}{20,45 \text{ ml}} = 0,1795 \text{ mg-ekw/ml}$$

ýa-da

$$0,1795 \text{ g-ekw/l.}$$

17-nji mesele.

Eger 0,4519 g burany ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) titirlemäge 16,43 ml H_2SO_4 ergini giden bolsa, onuň molýarlygyny kesgitlemeli.

Çözülişi:

$$\frac{451,9}{\mu_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}} \text{ mg} - \text{mol bura.}$$

Reaksiýa boýunça 1 molekula bura 1 molekula H_2SO_4 bilen täsirleşýär.

Onda onuň M:

$$M = \frac{451,9}{\mu_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} \cdot 16,43} = 0,0721 \text{ mg} - \text{mol/ml}$$

ýa-da 0,0721 g - mol / ℓ .

18-nji mesele.

Eger 0,2147g Na_2CO_3 titrlemäge 22,26 ml HCl ergini giden bolsa, onuň titrini hasaplamaly.

Çözülişi.

1ml HCl 0,2147/22,26 g Na_2CO_3 degişli bolýar. Ony HCl-niň gramyna geçirmek üçin, ony HCl we Na_2CO_3 ekwiwalent agramynyň gatnaşygyna köpeltmeli:

$$T = \frac{0,2147}{22,26} \cdot \frac{\mu_{\text{HCl}}}{0,5\mu_{\text{Na}_2\text{CO}_3}} = 0,006633 \text{ g/ml.}$$

19-njy mesele.

Eger titrlemäge 20,00 ml $T=0,004614$ bolan NaOH giden bolsa, titirlenýän H_2SO_4 ergindäki H_2SO_4 -üň näçe gramdygyny hasaplamaly.

Çözülişi:

Neytrallaşdyrmaga giden NaOH: $20,00 \cdot 0,004614 \text{ g}$

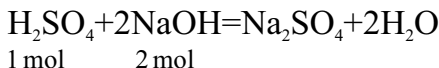
$$\text{Onda: } x = 20,00 \cdot 0,004614 \cdot \frac{0,5\mu_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\mu_{\text{NaOH}}} =$$

$$= 0,1132 \text{ g H}_2\text{SO}_4.$$

20-nji mesele.

Eger titrlemesine 20 ml 0,2210 M H_2SO_4 ergini giden bolsa, onda şol titrlenýän NaOH ergininde näçe gram NaOH bar?

Çözülişi:



1 mol H_2SO_4 2 mol NaOH dogry gelýär.

Onda: $x = 2 \cdot (20,00 \cdot 0,2210) \cdot \mu_{\text{NaOH}} = 353,0 \text{ mg NaOH}$.

21-nji mesele.

Erkin P_2O_5 görnüşinde kesgitlemek üçin superfosfatyň 10,00 gramyny suw bilen garyşdyryp, 500 ml-e çenli gowşatdylar. Soňra gury kolba kagyz süzgüjiň kömegi bilen süzdüler. Süzülen erginden 50 ml alyp suw bilen gowşadan soň 1,1002 N NaOH ergini bilen titrlediler (metil sary indikatoryň gyzyň reňki sary reňke öwrülýänçä), ýagny erkin $\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \text{NaH}_2\text{PO}_4$ -de geçýänçä). Şonda 16,2 ml NaOH ergini gitdi. Superfosfatdaky erkin P_2O_5 -i hasaplamaly.

Çözülişi:

$$x = \frac{16,2 \cdot 0,1002 \cdot 0,5 \mu_{\text{P}_2\text{O}_5} \cdot 500 \cdot 100}{50 \cdot 10 \cdot 1000} = 11,5\% .$$

22-nji mesele.

0,2000 g gaty organiki kislotany neýtrallaşdyrmaga 31,7 ml 0,1000N KOH ergini harç bolupdyr. Şol kislotanyň ekwiwalent agramyny we onuň haýsy kislotadygyny hasaplamaly.

Çözülişi:

Gözlenilýän kislotanyň ekwiwalent agramy aşakdaka deňdir:

$$\frac{0,2000 \cdot 1000}{31,7 \cdot 0,1000} = 63,03.$$

Kitaplardan alnan maglumatlara görä bu şawel kislotanyň ekwiwalent agramyna laýyk gelýär $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$E_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = \frac{\mu}{2} = 63.$$

23-nji mesele.

Şu aşakdakylary neýtrallaşdyrmaga 0,12N HCl ergininden näçe ml talap edilýär:

a) 0,2g Na_2CO_3 ;

b) 0,2g 70% CaO saklaýan madda;

ç) 0,4 g maddadan bölünip çykýan 6,5% azot saklaýan ammiagy.

Çözülişi:

Kislotanyň normallygyny degişlilikde, ol maddanyň ekwiwalent agramyna köpeldip tapýarys.

Ýagny 1 ml 0,12 N HCl neýtrallaşdyrýar:

$0,12 \cdot 53 \text{ mg } \text{Na}_2\text{CO}_3$; $0,12 \cdot 28 \text{ mg CaO}$;

$0,12 \cdot 17 \text{ mg } \text{NH}_3$ ($0,12 \cdot 14 \text{ mg N}$).

Onda, talap edilýän kislotanyň mukdary şu aşakdakylara deňdir:

$$\text{a) } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ üçin } \frac{200}{0,12 \cdot 53} = 31,4 \text{ ml};$$

$$\text{b) CaO üçin } \frac{200 \cdot 0,70}{0,12 \cdot 28} = 41,7 \text{ ml};$$

$$\text{ç) } \text{NH}_3 \text{ üçin } \frac{400 \cdot 0,065}{0,12 \cdot 14} = 15,5 \text{ ml}.$$

24-nji mesele.

0,220g Na_2CO_3 maddasyny CO_2 -ä çenli neýtrallaşdyrmaga titri 0,007000 bolan HCl ergininiň näçe ml-i talap edilýär?

Çözülişi:

$$x = 0,007000 = 0,220 \cdot \frac{\mu_{\text{HCl}}}{0,5 \mu_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}$$

$$x = \frac{0,220 \cdot 36,5}{0,007000 \cdot 53} = \frac{8,03}{0,371} = 21,6 \text{ ml}.$$

25-nji mesele.

2 N HCl ergininden 500 ml 0,1 N HCl erginini nädip taýýarlamaly?

Çözülüşi:

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

$$2 \cdot V = 0,1 \cdot 500$$

$$V = \frac{0,1 \cdot 500}{2} = 25 \text{ ml.}$$

Diýmek, 25 ml 2 N HCl almaly we ony 500 ml ölçeg kolbasyna geçirmeli. Soňra onuň üstüne belgi çyzygyna çenli distillirlenen suw guýup, oňat çäýkap garyşdyrmaly.

26-njy mesele.

25 ml 0,05N NaOH erginini titrlemäge näçe ml 0,1N HCl ergini gider?

Çözülüşi:

$$N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}$$

$$V_{\text{HCl}} \cdot 0,1 = 0,05 \cdot 25$$

$$V_{\text{HCl}} = \frac{0,05 \cdot 25}{0,1} = 12,5 \text{ ml.}$$

27-nji mesele.

500 ml 0,1N HCl erginini taýýarlamak için, näçe ml konsentirlenen HCl ergini gerek ($\rho = 1,17 \text{ g/ml}$)?

Çözülüşi:

Dykyzlygy 1,17 g/ml bolan HCl.

Erginiň molýarlygy aşakdaka deňdir:

1 l erginiň agramy = $1000 \cdot 1,17 = 1170 \text{ g}$.

Konsentirlenen $\rho = 1,17 \text{ g/ml}$ HCl kislotasynda 34,18% HCl bar (maglumat kitaby boýunça)

$$\text{Onda, 1 l- de } 1170 \cdot \frac{34,18}{100} = 399,91 \text{ g HCl.}$$

$$\text{Onda, onuň molýarlygy: } M = \frac{399,91}{36,5} = 10,95 \text{ M deň bolar.}$$

Onda, HCl üçin $N = M = 10,95$.

Bu ýerden: $N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = N_{\text{2HCl}} \cdot V_{\text{2HCl}}$

$$V_{\text{1HCl}} = \frac{N_{\text{2HCl}} \cdot V_{\text{2HCl}}}{N_{\text{1HCl}}} = \frac{500 \cdot 0,1}{10,95} = 4,56 \text{ ml.}$$

28-nji mesele.

2,025g $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ maddasyny titrlemäge 24,10 ml KMnO_4 ergini sarp bolýan bolsa:

a) KMnO_4 erginiň titrini;

b) KMnO_4 erginiň $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ maddasyna görä titrini;

ç) KMnO_4 erginiň normallygyny.

Çözülişi:

Muny şeýle yzygiderlikde çözmek maksadalaýyk bolar:

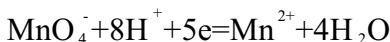
$$V_{\text{KMnO}_4/\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \frac{g_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{V_{\text{KMnO}_4}} = \frac{2,025}{24,10} = 0,08403 \text{ g/ml}$$

$$N_{\text{KMnO}_4} = \frac{T_{\text{KMnO}_4/\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot 1000}{\mathfrak{E}_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}}.$$

Çünki: $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} = 2\text{CO}_2 + 2e$

$$\mathfrak{E}_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \frac{\mu_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{2} = \frac{134,00}{2} = 67,00$$

$$N_{\text{KMnO}_4} = \frac{0,08403 \cdot 1000}{67,00} = 1,254 \text{ g-ekw/l}$$



$$T_{\text{KMnO}_4} = \frac{N_{\text{KMnO}_4} \cdot \mathfrak{E}_{\text{KMnO}_4}}{1000} = \frac{1,254 \cdot 31,61}{1000} = 0,03964 \text{ g/ml}.$$

29-njy mesele.

20 ml 0,1 N ($K_{\text{duz}}=0,95$) HCl erginini titrlemek üçin, näçe ml 0,05 N ($K_{\text{duz}}=0,90$) NaOH ergini gerek?

Çözülişi:

Düzediş koeffisiýenti $K = N_{\text{prakt}}/N_{\text{teor}}$

Onda:

$$N_{\text{prakt HCl}} = K_{\text{duz}} \cdot N_{\text{teor HCl}} = 0,95 \cdot 0,1 = 0,095$$

$$N_{\text{prakt NaOH}} = K_{\text{duz}} \cdot N_{\text{teor NaOH}} = 0,90 \cdot 0,05 = 0,045.$$

Onda:

$$\begin{aligned} N_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}} &= N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \\ V_{\text{NaOH}} &= (N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}) / N_{\text{NaOH}} \end{aligned}$$

$$\frac{0,095 \cdot 20}{0,045} = 42,2 \text{ ml.}$$

30-njy mesele.

90% CaO we 10% başga maddalar saklaýan sönmedik hekiň näçe gramyny titri CaO görä 0,009000 g/ml bolan 20 ml HCl ergini neýtrallaşdyrar?

Çözülişi:

Sönmedik hekiň çekimindäki CaO-nyň gramyny tapýarys:

$$g_{\text{CaO}} = TH_{\text{Cl}}/\text{CaO} \cdot VH_{\text{Cl}} = 0,009000 \cdot 20,0 = 0,18 \text{ g.}$$

Onda sönmedik hekiň çekimi aşakdaka deňdir:

$$g_{\text{hek}} = \frac{g_{\text{CaO}} \cdot 100}{90} = \frac{0,18 \cdot 100}{90} = 0,2 \text{ g.}$$

31-nji mesele.

20,0 ml 0,1N AgNO_3 ergini 60% NaCl we 37% KCl saklaýan maddanyň haýsy çekimini titrlemäge gider?

Çözülişi:

Eger—de x g madda alnan bolsa, onda ondaky NaCl —yň we KCl —yň gr-ekwiwalentleri deňdir:

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{x \cdot 60}{100 \cdot E_{\text{NaCl}}}; \quad n_{\text{KCl}} = \frac{x \cdot 37}{100 \cdot E_{\text{KCl}}}.$$

Şeýle hem: $n_{\text{NaCl}} + n_{\text{KCl}} = n_{\text{AgNO}_3}$

$$n_{\text{AgNO}_3} = \frac{N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}}{1000} \quad \text{AgNO}_3 \text{ ergininiň titrlemäge giden}$$

gr- ekwiwalentleriniň sany.

Şol gatnaşyklary utgaşdyryp alarys:

$$\frac{x \cdot 60}{100 \cdot E_{\text{NaCl}}} + \frac{x \cdot 37}{100 \cdot E_{\text{KCl}}} = \frac{N_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3}}{1000}.$$

$$\text{San bahalaryny goýup alarys: } \frac{x \cdot 60}{100 \cdot 58,5} + \frac{x \cdot 37}{100 \cdot 74,5} = \frac{0,1 \cdot 20,0}{1000}.$$

Bu ýerden: $x=0,1313 \text{ g.}$