

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI**

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**“UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO”  
fanidan “Oksidlanish – qaytarilish reaksiyalari”  
mavzusida bo'yicha amaliy mash'ulotlar uslubiy qo'lla-  
nmasi**



**Toshkent - 2012**

Mazkur qo'llanma oliy texnika o'quv yurtlari uchun mo'ljallangan bo'lib "Kimyoviy texnologiya va biotexnologiya" hamda "Oziq-ovqat texnologiyasi" yo'nalishi bo'yicha bilim olayotgan bakalavrlar uchun "Umumiy va noorganik kimyo" fanidan amaliy mashg'ulotlarni bajarish, mavzu bo'yicha ko'rsatilgan namunaga qarab masala mashqlarni yechish, mustaqil ishlash uchun savollarni o'z ichiga olgan.

Tuzuvchilar:

dots. Abdurahimov A.A.

dots.Badalboyeva

I.T.kat.o'qit.Mavlonova M.E.

ass. To'xtamushova A.U.

Taqrizchi:

dots.AbidxanovA.

***Mavzu-1:***

1.1.

1.2.

***Mavzu-2:***

***Jadvallar***

***ADABIYOTLAR***

# Oksidlanish – qaytarilishreaksiyalari

Element atomining oksidlanish darajasi o'zgarishi bilan boradigan reaksiyalar **“oksidlanish – qaytarilish” reaksiyalari** deyiladi. Oksidlanish – qaytarilish reaksiyalarining tenglamalari quyidagi usullar bilan tuziladi. Oksidlanish – qaytarilish reaksiyalarining tenglamalari juda murakkab xarakterga ega bo'lib, uni tuzish ancha murakkab masaladir. Bunday reaksiyalarning tenglamalari to'g'ri tuzilgan bo'lsa, u massalar saqlanish qonuniga javob beradi. Shuning uchun ham reaksiya dan oldin va keyin, reaksiya da ishtirok etayotgan element atomlari soni teng bo'lishi kerak. Hozirgi vaqtda oksidlanish – qaytarilish reaksiyalarining to'liq tenglamalari niti tuzishni quyidagi usullar bilan amalga oshirish mumkin:

1. Elektron- balans usuli;
2. Ion – elektron usuli (yarim reaksiya).
3. Garsiya usuli.
4. Gerashenkousuli.

## 1. ELEKTRON – BALANS USULI

Ushbu usul, reaksiya dan oldin va keyin, har bir element atomining oksidlanish darajasini aniqlashga asoslangan bo'lib, uni gazlarda va qattiq moddalarda boradigan reaksiyalarda qo'llash maqsadga muvofiqdir. Ushbu usul ancha soddabo'lgani uchun eritma da boradigan reaksiyalarning tenglamalari niti tuzishda ham ishlatiladi.

Ushbu usul bo'yicha oksidlanish – qaytarilish reaksiyalarining tenglamalari niti tuzishda quyidagi tartibga rioya qilinishi kerak:

1. Reaksiyaning molekulyar tenglamasi yoziladi;
2. Reaksiya dan oldin va keyin har bir element atomining oksidlanish darajasini aniqlab, element belgisining ustiga yoziladi va oksidlanish darajasi o'zgargan elementlar aniqlanadi;
3. Oksidlanish darajasi o'zgargan elementlar atomlarining elektron balans tenglamasi tuziladi. Uni tuzishda oksidlanish va qaytarilish jarayonlarida ishtirok etayotgan dastlabki modda tarkibidagi element atomlari sonini hamda qaytaruvchi yo'qotgan elektronlari sonini oksidlovchi qabul qilgan elektronlari soniga tengligini nazarda tutib, oksidlovchi va qaytaruvchilar oldiga yoziladigan koeffitsiyentlar aniqlanadi;
4. Oksidlanish va qaytarilish jarayonlarini hamda oksidlovchi va qaytaruvchilar ko'rsatiladi;
5. Molekulyar tenglamada oksidlanish darajasi o'zgargan elementlar oldiga aniqlangan koeffitsiyentlar yoziladi. Koeffitsiyentlari yozish, reaksiya tenglamasining qaysi tomonida element atomi ko'payib yoki kamayib ketganini aniqlash;
6. Massalar saqlanish qonuniga asosan, reaksiya dan oldin va keyin element atomlari soni tenglashtirilib, bunda quyidagicha tartibga rioya qilinadi:

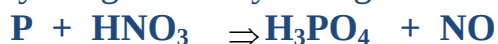
- a) Metallatomlar;
- b) Kislota qoldig'i;
- c) Vodorod atomlar;
- d) Kislorod atomlarisonitenglashtiriladi;

Kislorod atomlari soni, yuqoridagi a,b,vacpunktlarni bajarganda teng bo'lishi shart.

7. Agarda hisoblash natijasida, reaksiyaning o'ng va chap tomonidan suv molekulasini yetishmasa, u holda uni yozib qo'yiladi.

Masalan: Fosforning nitrat kislota bilan oksidlanish reaksiyasini ko'rib chiqamiz.

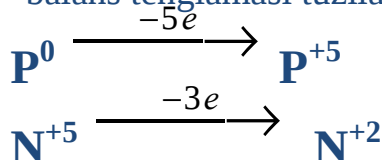
Reaksiyaning molekulyar tenglamasi:



Ushbu reaksiyada har bir element atomlarining oksidlanish darajasi

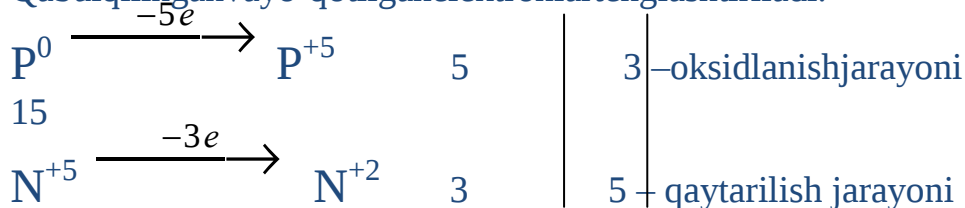


Bu yerda fosfor va azot atomlari oksidlanish darajasi o'zgargan; Ularning electron – balans tenglamasi tuziladi.

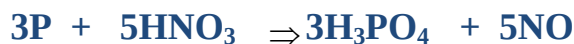


Ushbu tenglamadan ko'rinib turibdiki, har bir fosfor atomi 5ta elektron yo'qotib  $\text{P}^0$  dan  $\text{P}^{+5}$  ga qadar oksidlangan; har bir azot atomi esa, uchta elektron qabul qilib,  $\text{N}^{+5}$  dan  $\text{N}^{+2}$  gacha qaytarilgan. Demak, fosfor  $\text{P}^0$  atomi qaytaruvchi, azot  $\text{N}^{+5}$  atomi oksidlovchidir.

Qabul qilingan yoki yo'qotilgan elektronlarni tenglashtiriladi.



Molekulyar tenglamada, oksidlanish darajasi o'zgargan element atomlari bo'lgan molekular oldiga, aniqlangan koeffitsiyentlar yoziladi.



Reaksiyaning chap va o'ng tomonidan atomlar sonini hisoblash, vodorod va kislorod atomlari soni o'zaro teng emasligini ko'rsatadi. Bu holda reaksiyaning chap tomoniga suv molekulasini yoziladi.

## 2. ION – ELEKTRON (YARIM REAKSIYALAR) USULI

Eritmada boradigan oksidlanish – qaytarilish reaksiyalarining to'liq molekulyar tenglamasi electron balans usuli bilan tuzilganda, bu usul eritmadagi haqiqiy ionlarni hamda suvning vodorod ( $H^+$ ) va gidroksid ( $OH^-$ ) ionlarining ta'sirini ko'rsatmaydi. Haqiqatda esa suvli eritmalarida  $Cr^{+3}$ ,  $Mn^{7+}$ ,  $N^{5+}$ ,  $S^{6+}$  va boshqa ionlar bo'lmaydi, bu ionlar eritmada suvning kislorod bilan birikib  $CrO_4^{2-}$ ,  $MnO_4^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  ionlar holida bo'ladi.

Shuning uchun ham eritmadaboradiganoksidlanish – qaytarilishreaksiyalarinito'liqmolekulyartenglamasinituzishda ion electron usulidanfoydalanishmaqsadgamuofiqladi.

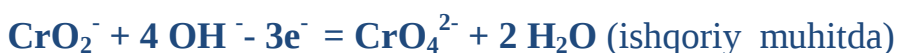
Chunkibuusuldaeritmadaqihaqiqiyionlarnihamdasuvmolekulasinireaksiyagata'sirik o'rsatadi.

1.Suvlieritmaldakislotalimuhitdaortiqchakislorodatomlarivodorodionlaribil anbog'lanadivasuvmolekulasihosilbo'ladi, neytralvaishqoriymuhitda – suvmolekulasibilangidroksidionlarihosilqilib



2. Kislotali va neytral muhitda suv molekulalari hisobiga vodorod ionlarini hosil qilib, ishqoriy muhitda – gidroksid ionlarini hisobiga suv molekulalarini hosil qilib, qaytaruvchi kislorod atomlarini biriktiradi.

Masalan:



Ion electron ( yarim reaksiya) tenglamalarini tuzishda, qaytarilish jarayonida qaytaruvchi yo'qotgan, oksidlanish jarayonida oksidlovchi qabul qilgan elektronlar soniga ko'paytirilib birgalikda yoziladi. Natijada qisqa ionli tenglama hosil bo'ladi.

Ushbuusulbo'yichaoksidlanish - qaytarilish reaksiyalarningtenglamalarinituzishdaquyidagitartibgarioyaqilishkerak:

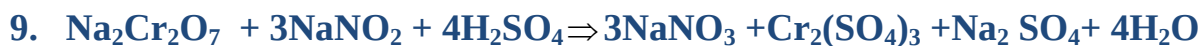
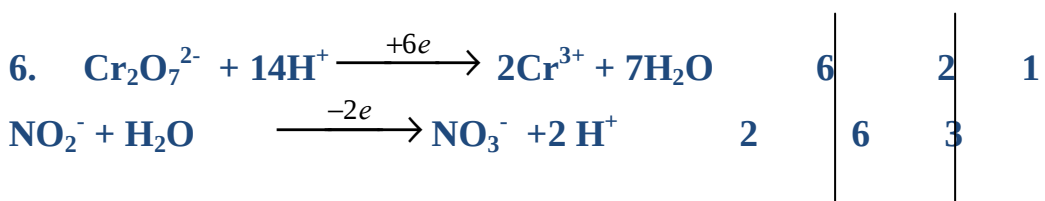
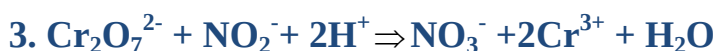
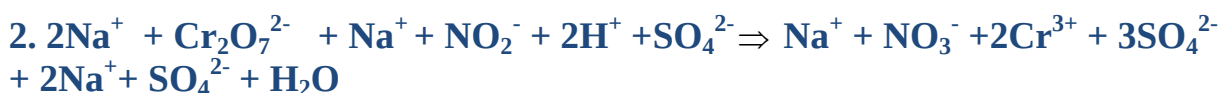
1. Reaksiyaningmolekulyartenglamasiyoziladi;
2. Reaksiyaningto'liq ion tenglamasiyoziladi;
3. Reaksiyaning qisqa ion tenglamasi yoziladi;
4. Reaksiyaningion – electron tenglamasi oksidlanish - qaytarilish jarayonlariuchun alohida holda tuziladi;
5. Reaksiyaning muhitiga qarab o'ng va chap tomonlaridagi ionlar sonini tenglashtirish uchun kerakli tomonga elektron soni qo'yiladi. Qo'yilganelektronlarsonikoefisiyentqilibtenglamadanchiqariladivao'rinalmashtiriladi.

Tegishlikoeffisiyentlarharbirtenglamaionlarigako'paytiriladi.Ikkitaoksidl

anishvaqaytarilishjarayonlariyarimreaksiyatenglamalaribir-birigaqo'shibyoziladi, so'ngra chap vao'ngtomonlartaqqoslanib, birhilbo'lganmolekulayokiionlarqisqartiriladi.

6. Oxirgi bosqichda ion yarim reaksiyalardan foydalanib, to'liq molekulyar tenglama yoziladi.

Masalan: Kislotali muhitda natriy dixromatning natriy nitrit bilan qaytarilish reaksiyalarining to'liq molekulyar reaksiyasini ion electron tenglamasini tuzish.



## Garsiya (kislород – balans) usuli

Arsessio Garsiya usuli juda soddaligi bilan o'quvchilarni o'ziga jalb etadi. Ba'zibirmoddalarda element atominingoksidlanishdarajasinianiqlashqiyin,yoki element atomlariturlioksidlanishdarajasininamoyonqilishimumkin.

Ushbuusulbilanreaksiyaningtenglamasinituzishdaquyidagitartibgarioyaqilish kerak:

1. Reaksiyaningmolekulyartenglamasiyoziladi;

2. Reaksiya uchun olingan moddalarning ayrim – ayrim holda yarim reaksiya tenglamasi tuziladi, ushbu tenglamani tuzishda quyidagi tartibga amal qilinadi:

A) Reaksiya uchun olingan moddalarning biridan hosil bo'lgan maxsulotlar yoziladi;

B) Agarda maxsulotlar tarkibida reaksiya uchun olingan ikkinchi modda ishtirok etsa, u ham yoziladi;

C) Reaksiyaning chap va o'ng tomonidagi element atomlar soni quyidagi tartibda tenglashtiriladi:

C.1. Metall atomlar soni;

C.2. Kislotaga qoldig'i soni;

C.3. Vodorod atomlar soni suv molekulasini yozish bilan tenglashtiriladi. Agarda bunda metall atomlar va kislorod qoldig'i sonlari o'zgarsa C.1. va C.2. punktlar qaytariladi.

C.4. Reaksiyaning chap va o'ng tomonidagi kislorod atomlar sonini atomar kislorod yozish bilan tenglashtiriladi;

D) Agarda atomar kislorod reaksiyaning chap tomoniga yozilsa (ya'ni chap tomonida kislorod atomi kam bo'lsa) oksidlanish jarayoni boradi va bunda birinchi yozilgan modda qaytaruvchi bo'ladi.

Agarda atomar kislorod reaksiyaning o'ng tomoniga yozilsa, qaytarilish jarayoni boradi va bunda birinchi yozilgan modda oksidlovchi bo'ladi.

E) Oksidlanish va qaytarilish jarayonlari hamda oksidlovchi va qaytaruvchilar aniqlanadi.

3. Oksidlanish va qaytarilish jarayonlarini ustma – ust yozib ko'effitsiyentlar aniqlanadi.

Oksidlanish jarayoniga qo'shilgan atomar kislorod soniga qaytarilish jarayoni va qaytarilish jarayoniga qo'shilgan atomar kislorod soniga oksidlanish jarayoni ko'paytiriladi.

4. Oksidlanish va qaytarilish jarayonlari birgalikda yoziladi, natijada reaksiyaning to'liq molekulyar tenglamasi ega bo'linadi.

5. Molekulyar tenglamaga qo'yilgan har qaysi element atomlar soni o'qal tekshiriladi. Ular reaksiyaning chap va o'ng tomonida teng bo'lishi kerak.

Masalan. 1. Kaliy permanganatning vodorod sulfidi bilan qaytarilish reaksiyasi to'liq molekulyar tenglamasini tuzing.

## Gerashenko usuli

Ba'zi bir oksidlanish – qaytarilish reaksiyalarida bitta molekula tarkibidagi bitta elementning bir necha atomlari turli oksidlanish darajasini namoyon etadi. Bunday moddalarga umuman juda ko'p organik birikmalarni misol bo'laoladi.

Massaning saqlanish qonuniga binoan hisoblash olibboriladi.

Hisoblash natijasida, reaksiyadan oldin va keyin, element atomlar soni teng bo'lishi kerak.

Masalan:

1-misol.

Toluolning kaliy permanganat bilan kislotali muhitda oksidlanishi.

Reaksiyaning molekulyar tenglamasi.

Har bir elementning oksidlanish darajasini aniqlanadi.

Toluol molekulasida uglerod atomlari turli oksidlanish darajalarini namoyon etganligi uchun aniqlamay qaytarilish va oksidlanish jarayonlarini ayrim –

ayrim holda quyidagi tartibda tuzamiz:

A) Oksidlanish jarayoni uchun:

A.1. Reaksiya dan oldin va keyin molekula holati

A.2. Atomlar soni tenglashtiriladi. Uglerod atomlari reaksiya dan oldin va keyin teng e'ttadan.

A.3. Vodorod atomlari soni vodorod ionini  $H^+$  ni yozish bilan tenglashtiriladi.

- - \* -

A.5. Kislorod atomlari soni kislorod ionini  $O^{2-}$  ni yozish bilan tenglashtiriladi.

- \* - -----

Vatenglikish orasi qo'yiladi.

B) Qaytarilish jarayoni uchun:

6.1.  $Mn^{+7}$  –  $Mn^{+2}$  reaksiyaning o'ng va chap tomonidan marganes atomlari soni teng.

6.2. Tenglamani chap tomoniga beshta e qo'yib zaryadlarni tenglanadi.

Oksidlovchi  $Mn^{+7} + 5e - Mn^{+2}$

3. Oksidlanish – qaytarilish jarayonlari ketma – ket yoziladi.

### OKSIDLANISH – QAYTARILISH POTENSIALI

Bizga ma'lumki, turli oksidlovchi va qaytaruvchilar o'ziga xos oksidlanish va qaytarilish xossasini namoyon etadi. Biror oksidlovchi biror moddani engil oksidlashi, ba'zibir moddani oksidlayolmasligi mumkin. Bunday hodo oksidlovchi va qaytaruvchining kimyoviy aktivligi gabo'g'liq bo'ladi. Masalan, temir (III) xloridga kaliy bromidni ta'sirettirsak, reaksiya amalga oshmaydi. Agarda kaliy bromidni kaliy yodid bilan almastirsak, temir  $Fe^{3+}$  ionini  $Fe^{2+}$  ioniga qaytariladi. Bu esayodid ionining bromid ioniga nisbatan kuchli qaytaruvchilik xossasiga ega ekanligini ko'rsatadi.

Atom yoki ionning elektron qabul qilish yoki elektron berish qobiliyati miqdoriy tavsiflaydigan kattalik oksidlanish va qaytarilish potensialidir. Buni quyidagi misolda tushuntirish mumkin. Agar ikkita platina plastinka olib, birini natriy nitrit eritmasiga, ikkinchisini kislotaga qo'shilgan kaliy permanganat eritmasiga tushirilib, platina plastinkalarni potensiallar orqali va eritmalarni yarim o'tkazgich bilan o'zaro tutashtirsak berik zanjir, ya'ni galvanik element hosil bo'ladi.

Natijada  $\text{NaNO}_2$  eritmasigatushirilgan plastinkadanelektronlar  $\text{KMnO}_4$  eritmasigatushirilgan plastinka tomonidan potentsiometrik potentsiallarayirmasi (E.Yu. K.) hosil bo'lganligini ko'rsatadi. Bu yerda  $\text{NO}_2^-$  ionigacha qaytaruvchi  $\text{MnO}_4^-$  ionini oksidlovchidir. Galvanik element ishlash natijasida  $\text{NO}_2^-$  ionining elektron yo'qotib  $\text{NO}_3^-$  ionigacha oksidlanadi. Bu elektronlarning ishtirokida  $\text{MnO}_4^-$  ionini qaytarib olish bitta elektrodga oksidlanish:

$$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} - 2e = \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+$$

Ikkinchi elektrodga qaytarilish:



Jarayonlari boradi.

Endi har bir idishdagi eritmalar birikmalarining oksidlangan va qaytarilgan formalarini ko'rsatadi. Ular **oksidlanish-qaytarilish (red-oks) sistemasi** deyiladi. Oksidlangan forma element atomining yuqori oksidlanish darajasiga (birinchi idishda  $^{+5}\text{NO}_3$  va ikkinchi idishda  $\text{Mn}^{+2}$ ) ega bo'lgan holatdir.

Eritmadagi birikmaning oksidlanish va qaytarilish sistemasi bilan inert (Pt) elektrod yuzasiga hosil bo'lgan potentsial "**oksidlanish-qaytarilish potentsiali**" deyiladi.

Agar eritmadagi birikmaning oksidlangan va qaytarilgan holatdagi aktivligi birga teng bo'lsa, hosil bo'lgan potentsial "**standart oksidlanish-qaytarilish potentsiali**" deyiladi.

**BA'ZI MODDALARNING SUVLI ERITMASINING  
STANDART ELEKTROD POTENSALLARI**

| Жараен тенгламаси                         | $E^{\circ}$ , В |
|-------------------------------------------|-----------------|
| Азот                                      |                 |
| $3N_2 + 2e^- = 2N_3^-$                    | -3,4            |
| $N_2 + 4H_2O + 2e^- = 2NH_2OH + 2OH^-$    | -3,04           |
| $N_2 + 4H_2O + 4e^- = N_2H_4 + 4OH^-$     | -1,15           |
| $NO_2^- + H_2O + e^- = NO + 2OH^-$        | -0,46           |
| $NO_3^- + 2H_2O + 3e^- = NO + 4OH^-$      | -0,14           |
| $NO_3^- + H_2O + 2e^- = NO_2^- + 2OH^-$   | -0,01           |
| $NO_3^- + 2H^+ + e^- = NO_2 + H_2O$       | 0,78            |
| $NO_3^- + 10H^+ + 8e^- = NH_4^+ + 3H_2O$  | 0,87            |
| $NO_3^- + 3H^+ + 2e^- = HNO_2 + H_2O$     | 0,94            |
| $NO_3^- + 4H^+ + 3e^- = NO + 2H_2O$       | 0,957           |
| $HNO_2 + H^+ + e^- = NO + H_2O$           | 0,99            |
| Алюминий                                  |                 |
| $AlO_2^- + 2H_2O + 3e^- = Al + 4OH^-$     | -2,35           |
| $AlF_6^{3-} + 3e^- = Al + 6F^-$           | -2,07           |
| $Al^{3+} + 3e^- = Al$                     | -1,663          |
| Барий                                     |                 |
| $Ba^{2+} + 2e^- = Ba$                     | -2,905          |
| Бериллий                                  |                 |
| $Be^{2+} + 2e^- = Be$                     | -1,847          |
| Бор                                       |                 |
| $BF_4^- + 3e^- = B + 4F^-$                | -1,04           |
| $BO_3^{3-} + 6H^+ + 3e^- = B + 3H_2O$     | -0,165          |
| Бром                                      |                 |
| $BrO^- + H_2O + 2e^- = Br^- + 2OH^-$      | 0,76            |
| $Br_2 + 2e^- = 2Br^-$                     | 1,065           |
| $BrO_3^- + 6H^+ + 6e^- = Br^- + 3H_2O$    | 1,44            |
| $2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^- = Br_2 + 6H_2O$ | 1,52            |
| $BrO_4^- + 2H^+ + 2e^- = BrO_3^- + H_2O$  | 1,88            |
| Ванадий                                   |                 |
| $V^{2+} + 2e^- = V$                       | 1,175           |
| $V^{3+} + 3e^- = V$                       | -0,255          |
| $VO_2^+ + 4H^+ + 5e^- = V + 2H_2O$        | -0,25           |

| Жараен тенгламасы                                                                        | $E^{\circ}$ , В |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Висмут                                                                                   |                 |
| $\text{Bi}(\text{OH})_3 + 3e^- = \text{Bi} + 3\text{OH}^-$                               | -0,46           |
| $\text{BiO}^+ + 2\text{H}^+ + 3e^- = \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$                     | 0,320           |
| $\text{NaBiO}_3 + 4\text{H}^+ + 2e^- = \text{BiO}^+ + \text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ | 1,8             |
| Водород                                                                                  |                 |
| $\text{H}_2 + 2e^- = 2\text{H}^-$                                                        | -2,251          |
| $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$                                 | -0,828          |
| $2\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_2$                                                        | 0,000           |
| Вольфрам                                                                                 |                 |
| $\text{WO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e^- = \text{W} + 6\text{OH}^-$                | -1,05           |
| $\text{WO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e^- = \text{W} + 4\text{H}_2\text{O}$                 | 0,049           |
| Галлий                                                                                   |                 |
| $\text{Ga}^{3+} + 3e^- = \text{Ga}$                                                      | -0,53           |
| Гафний                                                                                   |                 |
| $\text{Hf}^{4+} + 4e^- = \text{Hf}$                                                      | -1,70           |
| Германий                                                                                 |                 |
| $\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 2e^- = \text{Ge}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$     | -0,363          |
| $\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{Ge} + 3\text{H}_2\text{O}$          | -0,13           |
| $\text{Ge}^{2+} + 2e^- = \text{Ge}$                                                      | 0,000           |
| Железо                                                                                   |                 |
| $\text{Fe}(\text{OH})_3 + e^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$                    | -0,53           |
| $\text{Fe}^{2+} + 2e^- = \text{Fe}$                                                      | -0,440          |
| $\text{Fe}^{3+} + 3e^- = \text{Fe}$                                                      | -0,037          |
| $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + e^- = \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$                        | 0,356           |
| $\text{Fe}^{3+} + e^- = \text{Fe}^{2+}$                                                  | 0,771           |
| $\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3e^- = \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$          | 1,700           |
| Золото                                                                                   |                 |
| $\text{Au}(\text{CN})_2^- + e^- = \text{Au} + 2\text{CN}^-$                              | -0,61           |
| $\text{Au}^{3+} + 2e^- = \text{Au}^+$                                                    | 1,401           |
| $\text{Au}^{3+} + 3e^- = \text{Au}$                                                      | 1,493           |
| $\text{Au}^+ + e^- = \text{Au}$                                                          | 1,692           |
| Иод                                                                                      |                 |
| $2\text{IO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10e^- = \text{I}_2 + 12\text{OH}^-$              | 0,21            |
| $\text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e^- = \text{I}^- + 6\text{OH}^-$                 | 0,25            |
| $2\text{IO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{I}_2 + 4\text{OH}^-$                  | 0,45            |
| $\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{I}^- + 2\text{OH}^-$                    | 0,49            |
| $\text{I}_2 + 2e^- = 2\text{I}^-$                                                        | 0,536           |

| Жараен тенгламаси                                                                 | $E^{\circ}$ , В |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| $2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e^- = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$        | 1,19            |
| $2\text{HIO} + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$             | 1,45            |
| $\text{H}_3\text{IO}_6 + \text{H}^+ + 2e^- = \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$ | 1,6             |
| $\text{IO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$         | 1,64            |
| Иридий                                                                            |                 |
| $\text{IrO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{Ir} + 2\text{H}_2\text{O}$             | 0,93            |
| $\text{Ir}^{3+} + 3e^- = \text{Ir}$                                               | 1,15            |
| Кадмий                                                                            |                 |
| $\text{Cd}(\text{CN})_4^{2-} + 2e^- = \text{Cd} + 4\text{CN}^-$                   | -1,09           |
| $\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Cd} + 4\text{NH}_3$                 | -0,61           |
| $\text{Cd}^{2+} + 2e^- = \text{Cd}$                                               | -0,403          |
| Калий                                                                             |                 |
| $\text{K}^+ + e^- = \text{K}$                                                     | -2,924          |
| Кальций                                                                           |                 |
| $\text{Ca}^{2+} + 2e^- = \text{Ca}$                                               | -2,866          |
| Кислород                                                                          |                 |
| $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- = 4\text{OH}^-$                          | 0,401           |
| $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_2\text{O}_2$                          | 0,682           |
| $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- = 2\text{H}_2\text{O}$                           | 1,228           |
| $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- = 2\text{H}_2\text{O}$                 | 1,776           |
| $\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$               | 2,07            |
| Кобальт                                                                           |                 |
| $\text{Co}(\text{CN})_6^{2-} + e^- = \text{Co}(\text{CN})_6^{3-}$                 | -0,83           |
| $\text{Co}^{3+} + 2e^- = \text{Co}$                                               | -0,277          |
| $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$             | 0,1             |
| $\text{Co}(\text{OH})_3 + e^- = \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$             | 0,17            |
| $\text{Co}^{3+} + 3e^- = \text{Co}$                                               | 0,33            |
| $\text{Co}^{3+} + e^- = \text{Co}^{2+}$                                           | 1,808           |
| Кремний                                                                           |                 |
| $\text{SiO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^- = \text{Si} + 6\text{OH}^-$       | -1,7            |
| $\text{SiF}_6^{2-} + 4e^- = \text{Si} + 6\text{F}^-$                              | -1,2            |
| $\text{SiO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e^- = \text{Si} + 3\text{H}_2\text{O}$        | -0,455          |
| Литий                                                                             |                 |
| $\text{Li}^+ + e^- = \text{Li}$                                                   | -3,045          |

| Жараен тенгламаси                                   | $E^{\circ}$ , В |
|-----------------------------------------------------|-----------------|
| Магний                                              |                 |
| $Mg^{2+} + 2e^{-} = Mg$                             | —2,363          |
| Марганец                                            |                 |
| $Mn^{2+} + 2e^{-} = Mn$                             | —1,179          |
| $MnO_4^{-} + e^{-} = MnO_4^{2-}$                    | 0,564           |
| $MnO_4^{-} + 2H_2O + 3e^{-} = MnO_2 + 4OH^{-}$      | 0,60            |
| $MnO_2 + 4H^{+} + 2e^{-} = Mn^{2+} + 2H_2O$         | 1,228           |
| $MnO_4^{-} + 8H^{+} + 5e^{-} = Mn^{2+} + 4H_2O$     | 1,507           |
| $Mn^{3+} + e^{-} = Mn^{2+}$                         | 1,509           |
| $MnO_4^{-} + 4H^{+} + 3e^{-} = MnO_2 + 2H_2O$       | 1,692           |
| $MnO_4^{2-} + 4H^{+} + 2e^{-} = MnO_2 + 2H_2O$      | 2,257           |
| Мис                                                 |                 |
| $Cu(CN)_2^{-} + e^{-} = Cu + 2CN^{-}$               | —0,43           |
| $CuI + e^{-} = Cu + I^{-}$                          | —0,185          |
| $Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e^{-} = Cu + 4NH_3$             | —0,07           |
| $Cu^{2+} + e^{-} = Cu^{+}$                          | 0,153           |
| $Cu^{2+} + 2e^{-} = Cu$                             | 0,337           |
| $Cu^{+} + e^{-} = Cu$                               | 0,52            |
| $Cu^{2+} + Cl^{-} + e^{-} = CuCl$                   | 0,53            |
| $Cu^{2+} + Br^{-} + e^{-} = CuBr$                   | 0,64            |
| $Cu^{2+} + I^{-} + e^{-} = CuI$                     | 0,84            |
| $Cu^{2+} + 2CN^{-} + e^{-} = Cu(CN)_2^{-}$          | 1,12            |
| Молибден                                            |                 |
| $MoO_4^{2-} + 4H_2O + 6e^{-} = Mo + 8OH^{-}$        | —1,05           |
| $Mo^{3+} + 3e^{-} = Mo$                             | —0,200          |
| $MoO_4^{2-} + 8H^{+} + 6e^{-} = Mo + 4H_2O$         | 0,154           |
| Мышьяк                                              |                 |
| $H_3AsO_4 + 2H^{+} + 2e^{-} = HAsO_2 + 2H_2O$       | 0,56            |
| $AsO_4^{3-} + 2H_2O + 2e^{-} = AsO_2^{-} + 4OH^{-}$ | —0,71           |
| Натрий                                              |                 |
| $Na^{+} + e^{-} = Na$                               | —2,714          |
| Никель                                              |                 |
| $Ni^{2+} + 2e^{-} = Ni$                             | —0,250          |
| $Ni(OH)_2 + e^{-} = Ni(OH) + OH^{-}$                | 0,49            |
| Ниобий                                              |                 |
| $Nb^{3+} + 3e^{-} = Nb$                             | —1,1            |
| $Nb_2O_5 + 10H^{+} + 10e^{-} = 2Nb + 5H_2O$         | —0,65           |

| Жараен тенгламаси                                                                          | $E^{\circ}$ , В |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Селен                                                                                      |                 |
| $\text{Se} + 2e^{-} = \text{Se}^{2-}$                                                      | -0,92           |
| $\text{Se} + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{H}_2\text{Se}$                                 | -0,40           |
| $\text{SeO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^{-} = \text{Se} + 6\text{OH}^{-}$            | -0,366          |
| $\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^{+} + 4e^{-} = \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$        | -0,741          |
| $\text{SeO}_4^{2-} + 4\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{H}_2\text{SeO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | 1,15            |
| Олтингутурт                                                                                |                 |
| $\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2e^{-} = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^{-}$       | -0,93           |
| $\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e^{-} = \text{S} + 8\text{OH}^{-}$              | -0,75           |
| $\text{S} + 2e^{-} = \text{S}^{2-}$                                                        | -0,48           |
| $\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^{+} + 8e^{-} = \text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$          | 0,149           |
| $\text{S} + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{H}_2\text{S}$                                   | 0,17            |
| $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$        | 0,22            |
| $\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^{+} + 6e^{-} = \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$               | 0,357           |
| $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e^{-} = 2\text{SO}_4^{2-}$                                   | 2,010           |
| Кумуш                                                                                      |                 |
| $\text{Ag}(\text{CN})_2^{-} + e^{-} = \text{Ag}^{+} + 2\text{CN}^{-}$                      | -0,29           |
| $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^{+} + e^{-} = \text{Ag} + 2\text{NH}_3$                          | 0,373           |
| $\text{Ag}^{+} + e^{-} = \text{Ag}$                                                        | 0,799           |
| Стронций                                                                                   |                 |
| $\text{Sr}^{2+} + 2e^{-} = \text{Sr}$                                                      | -2,888          |
| Сурьма                                                                                     |                 |
| $\text{SbO}_2^{-} + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^{-} = \text{Sb} + 4\text{OH}^{-}$             | -0,675          |
| $\text{SbO}^{+} + 2\text{H}^{+} + 3e^{-} = \text{Sb} + \text{H}_2\text{O}$                 | 0,212           |
| $\text{SbO}_2^{-} + 4\text{H}^{+} + 3e^{-} = \text{Sb} + 2\text{H}_2\text{O}$              | 0,446           |
| $\text{Sb}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^{+} + 4e^{-} = 2\text{SbO}^{+} + 3\text{H}_2\text{O}$   | 0,58            |
| Таллий                                                                                     |                 |
| $\text{Tl}^{+} + e^{-} = \text{Tl}$                                                        | -0,336          |
| $\text{Tl}^{3+} + 2e^{-} = \text{Tl}^{+}$                                                  | 1,252           |
| Тантал                                                                                     |                 |
| $\text{Ta}_2\text{O}_5 + 10\text{H}^{+} + 10e^{-} = 2\text{Ta} + 5\text{H}_2\text{O}$      | -0,750          |
| Теллур                                                                                     |                 |
| $\text{Te} + 2e^{-} = \text{Te}^{2-}$                                                      | -1,14           |
| $\text{Te} + 2\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{H}_2\text{Te}$                                 | -0,72           |

| Жараен тенгламаси                                                                          | $E^{\circ}$ , В |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| $\text{TeO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^- = \text{Te} + 6\text{OH}^-$                | -0,57           |
| $\text{TeO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{TeO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$          | 0,892           |
| $\text{H}_6\text{TeO}_6 + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{TeO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$         | 1,02            |
| Технеций                                                                                   |                 |
| $\text{Tc}^{2+} + 2e^- = \text{Tc}$                                                        | 0,4             |
| $\text{TcO}_4^- + 8\text{H}^+ + 7e^- = \text{Tc} + 4\text{H}_2\text{O}$                    | 0,47            |
| $\text{TcO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- = \text{Tc}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$               | 0,5             |
| Титан                                                                                      |                 |
| $\text{Ti}^{2+} + 2e^- = \text{Ti}$                                                        | -1,630          |
| $\text{Ti}^{3+} + 3e^- = \text{Ti}$                                                        | -1,23           |
| $\text{TiF}_6^{2-} + 4e^- = \text{Ti} + 6\text{F}^-$                                       | -1,19           |
| $\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + 4e^- = \text{Ti} + \text{H}_2\text{O}$                    | -0,88           |
| $\text{Ti}^{3+} + e^- = \text{Ti}^{2+}$                                                    | -0,368          |
| $\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + 5\text{H}_2\text{O} + e^- = \text{Ti}(\text{OH})_4^{2+}$  | 0,1             |
| Углерод                                                                                    |                 |
| $\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$                        | -0,12           |
| $\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e^- = \text{C} + 3\text{H}_2\text{O}$                   | 0,475           |
| Фосфор                                                                                     |                 |
| $\text{PO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{HPO}_3^{2-} + 3\text{OH}^-$         | -1,12           |
| $\text{P} + 3\text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{PH}_3 + 3\text{OH}^-$                       | -0,89           |
| $\text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0,39           |
| $\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{H}^+ + 5e^- = \text{P} + 4\text{H}_2\text{O}$              | -0,383          |
| $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  | -0,276          |
| Фтор                                                                                       |                 |
| $\text{OF}_2 + 2\text{H}^+ + 4e^- = 2\text{F}^- + \text{H}_2\text{O}$                      | 2,1             |
| $\text{F}_2 + 2e^- = 2\text{F}^-$                                                          | 2,87            |
| Хлор                                                                                       |                 |
| $2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Cl}_2 + 4\text{OH}^-$                  | 0,40            |
| $\text{ClO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} + 8e^- = \text{Cl}^- + 8\text{OH}^-$                 | 0,56            |
| $\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e^- = \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$                 | 0,63            |
| $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$                    | 0,88            |
| $\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$                | 1,189           |
| $\text{Cl}_2 + 2e^- = 2\text{Cl}^-$                                                        | 1,359           |
| $\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8e^- = \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$                  | 1,38            |
| $\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e^- = \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$                  | 1,451           |

| Жараен тенгламаси                                                                              | $E^{\circ}$ , В |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| $\text{Cr}^{3+} + 3e^{-} = \text{Cr}$                                                          | —0,913          |
| $\text{Cr}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cr}$                                                          | —0,744          |
| $\text{Cr}^{3+} + e^{-} = \text{Cr}^{2+}$                                                      | —0,407          |
| $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e^{-} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^{-}$   | —0,13           |
| $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}^{+} + 3e^{-} = \text{CrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$              | 0,945           |
| $\text{CrO}_2 + 4\text{H}^{+} + e^{-} = \text{Cr}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$                  | 1,188           |
| $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{+} + 6e^{-} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ | 1,331           |
| $\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^{+} + 3e^{-} = \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$            | 1,477           |
| Цезий                                                                                          |                 |
| $\text{Cs}^{+} + e^{-} = \text{Cs}$                                                            | —2,923          |
| Цинк                                                                                           |                 |
| $\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-} + 2e^{-} = \text{Zn} + 4\text{CN}^{-}$                            | —1,25           |
| $\text{Zn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Zn}$                                                          | —0,763          |
| $\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^{-} = \text{Zn} + 4\text{OH}^{-}$                | —1,216          |
| Цирконий                                                                                       |                 |
| $\text{ZrO}_2 + 2\text{H}^{+} + 4e^{-} = \text{Zr} + \text{H}_2\text{O}$                       | —1,570          |
| $\text{Zr}^{4+} + 4e^{-} = \text{Zr}$                                                          | —1,539          |
| $\text{ZrO}_2 + 4\text{H}^{+} + 4e^{-} = \text{Zr} + 2\text{H}_2\text{O}$                      | —1,43           |
| Лантаноиди                                                                                     |                 |
| $\text{La}^{3+} + 3e^{-} = \text{La}$                                                          | —2,523          |
| $\text{Ce}^{3+} + 3e^{-} = \text{Ce}$                                                          | —2,48           |
| $\text{Ce}^{4+} + e^{-} = \text{Ce}^{3+}$                                                      | 1,61            |
| $\text{Pr}^{3+} + 3e^{-} = \text{Pr}$                                                          | —2,462          |
| $\text{Pm}^{3+} + 3e^{-} = \text{Pm}$                                                          | —2,423          |
| $\text{Sm}^{3+} + 3e^{-} = \text{Sm}$                                                          | —3,121          |
| $\text{Eu}^{3+} + 3e^{-} = \text{Eu}$                                                          | —3,365          |

## ADABIYOTLAR

1. Parpiyev N.A., Rahimov K.R., Muftaxov A.G., Anorganik kimyo, “O‘zbekiston”, T., 2000y.
2. Ahmerov Q.A. va boshqalar, “Umumiy va anorganik kimyo”, “O‘qituvchi”, T., 1988 y.
3. Ахметов Н.С. “Общая и неорганическая химия” М., 1981., 1988, 1999 й.
4. Глинка Н.Л. “Общая химия” М., 1980й.
5. Ахметов Н.С., Азизова М.К., Бадқина Л.И. Лабораториё ва семинарские занятия по неорганической химии. М. 1988.



