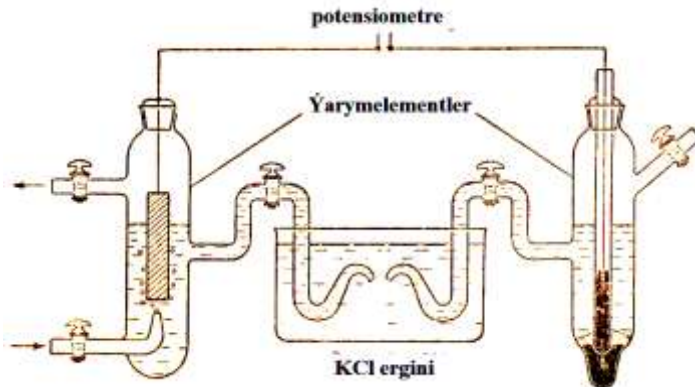


prof.H.Ý owjanow

# Fiziki himiýa



Aşgabat ş.

**Hojanepes  
Ýowjanow-**

Türkmenistanyň ylym we  
tehnika boýunça Döwlet  
baýragynyň eýesi, professor,  
tehniki ylymlaryň doktory

Okuw gollanmasy Halkara nebit we gaz  
uniwersitetiniň talyplary we mugallymlary üçin  
niýetlenen

# Mazmuny

	Giriş.....	
1	Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň himiýa senagatyny ösdürmek baradaky syýasaty. Fiziki himiýa dersiniň ähmiýeti we wezipeleri.....	9
2	Himiki termodinamika. Esasy düşüňjeler we ululyklar. Himiki termodinamikanyň I kanuny.....	16
3	Gessiň kanunlary. Olaryň termodinamiki esaslansyrylyşy. Ý ylylyk effektini hasaplamakda olaryň ulanylyşy.....	22
4	Gessiň kanunyndan gelip çykýan netijeler. Termohimiki hasaplamalar, ýylylyk effektiniň temperatura baglylygy.....	28
5	Termodinamikanyň II kanuny. Ö zerkine geçýän we özerkine geçmeýän prosesler.....	32
6	Termodinamiki potensiallar. Gibbsiň energiýasy. Gibbsiň energiýasyny hasaplamak.....	38
7	Plank postulaty. Maddanyň gaty, suwuk we gaz hallarynda absolýut entropiýasyny hasaplamak....	43
8	Erginleriň termodinamikasy. Ideal we real erginler. Erginiň düzüminiň aňladylyşy.....	48

<b>9</b>	Erginleriň doýgun bugynyň basyşy. Raulýň kanuny. Ideal erginleriň ekstensiw häsiýetleriniň additiwligi.....	<b>54</b>
<b>10</b>	Erginleriň gaýnama temperaturasynyň beýgelmegi, we doňmak temperaturasynyň peselmegi.....	<b>60</b>
<b>11</b>	Işjeňlik we işjeňlik koýeffisiýenti (aktiwlik we aktiwlik koeffisiýenti).....	<b>66</b>
<b>12</b>	Fazalar, komponentler, termodinamiki erkinlik derejesi hakynda düşüňjeler Gibbs fazalar düzgüni. Bir komponentli sistemalar. Klapeýronyň – Klauzius deňlemesi.....	<b>72</b>
<b>13</b>	Iki komponentli ulgamlaryň ýagdaýynyň diagrammalary. Fiziki-himiki analiz. Termiki analiz.....	<b>77</b>
<b>14</b>	Üçkomponentli sistemalaryň şekillendirilişi. Gibbsiň üçbuçlygy. Ekstraksiýa.....	<b>82</b>
<b>15</b>	Bir ewtektikalý ikikomponentli sistemanyň ýagdaý diagrammasy (gaty erginsiz we himiki birleşmesiz) .....	<b>89</b>
<b>16</b>	Gomogen we geterogen sistemalardaky deňagramlylyk. Massalaryň täsiri kanuny.....	<b>94</b>

17	Deňagramlylyk ýagdaýyndaky garyndynyň düzümini, önümiň çykymyny, başdaky maddalaryň öwrüliş derejesini hasaplamak. Basyşyň we indiferent gazlaryň goşulmagynyň deňagramlylyk täsiri.....	100
18	Täsir edişýän massalar kanuny. Gomogen sistemalarda deňagramlylyk konstantasy. Getero-gen reaksiýada deňagramlylyk konstantasy.....	106
19	Deňagramlylyk ýagdaýyndaky garyndynyň düzümini, önümiň çykymyny, başdaky maddalaryň öwrüliş derejesini hasaplamak.....	112
20	Himiki reaksiýanyň izoterma deňlemesi. Himiki reaksiýanyň izobar we izohor deňlemeleri.....	121
21	Güýçli we gowşak elektrolitler. Dissosiýasiýa konstantasy we derejesi.....	127
22	Elektrolit erginleriň elektrik geçirijiligi.....	133
23	Elektrod prosesleri we elektrik – hereketlendiriji güýçler. Galwaniki elementler. Elektrod potensiallar.....	139
24	Wodorod elektrody. Kalomel elektrody. Elektrik hereketlendiriji güýji we onuň ölçenilişi.....	145
25	Erginiň Ph-ny potensiometrlik kesgitlemek. Potensiometrlik tirtleme. Elektroliz. Metallaryň elektrohimi korroziýasy.....	152

<b>26</b>	Himiki kinetika. Gomogen reaksiýalaryň tizliginiň konsentrasiýa baglylygy. Himiki reaksiýalaryň kinetiki klassifikasiýasy.....	<b>159</b>
<b>27</b>	Kataliz. Gomogen we geterogen kataliz. Zynjyr reaksiýalary.....	<b>166</b>
	Goşundylar.....	<b>171</b>
	Edebiýat.....	<b>193</b>

# Giriş

Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwründe hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň ýadawsyz tagallary netijesinde milli bilim we ylym ulgamlarynda alnyp barylýan özgerişler we ösüşler barha rowaçlanýar. Ýurdumyzyň tebigy gaza, nebite we mineral çig mal serişdelerine baý bolmagy has hem bu ugurlardan döwrebap ýokary bilimli hünärmenleriň taýýarlanmagyny we ylmy işleriň ýerine ýetirilmegini talap edýär. Şeýle bolansoň himiýa tehnologiýasy we ekologiýasy hünärlerinde geçilýän himiýa dersleriniň okuw kitaplaryna we gollanmalaryna hem ýokary üns berilýär.

Şundan ugur alyp “Fiziki himiýa” dersinden şu okuw gollanmasy ýazyldy.

**Fiziki himiýa** – bu himiki reaksiýalaryň we olar bilen ugurdaş fiziki hadysalaryň kanuna laýyklygyny himiýanyň we fizikanyň nazaryýetiniň hem-de eksperimental usullarynyň kömegi bilen öwrenýär. Ol esasan şu bölümleri öz içine alýar.

**Maddanyň gurluşy:** Bu bölüm atomlaryň, molekulalaryň gurluşyny, agregat ýagdaýyny öz içine alýar.

**Himiki termodinamika:** Bu bölüm fiziki himiýanyň in möhüm bölegi bolup, ol himiki proseslerde energiýanyň öwrülişiklerini we maddalaryň energetiki häsiýetnamasyny öz içine alýar. Ol himiki we himiki-tehnologiki prosesleri, himiki deňagramlylygy we energetiki hasaplamalaryň üsti bilen dolandýrmaga mümkinçilik berýär.

**Erginler hakyndaky taglymat:** Erginler himiýanyň, şol sanda fiziki we kolloid himiýanyň iş salyşýan in möhüm obýektleriniň biridir. Fiziki himiýa erginleriň olaryň düzümi bilen baglanyşylykdaky häsiýetlerini, termodinamikasyny ylmy esasyda öwrenýär.

**Himiki kinetika:** Bu bölümde himiki reaksiýanyň tizligi, onuň şertlerini, mehanizmini, dolandyrmagyň ýollary öwrenilýär.

**Elektrohimiýa:** Bu bölüm himiki we elektriki hadysalaryň özara baglanyşygyny öwrenýär. Munda elektrolitleriň häsiýetleri, elektrod prosesleri we okislenme-gaýtarylma reaksiýalary bilen baglanyşykly hadysalar öwrenilýär.

Gollanma Halkara nebit we gaz uniwersitetiniň talypalary we mugallymlary üçin niýetlenen.



# Tema № 1

## Fiziki himiýa we kolloid himiýa dersiniň ähmiýeti we wezipeleri

**Fiziki himiýa** himiki reaksiýalaryň we olar bilen ugurdaş fiziki hadysalaryň kanuna laýyklygyny himiýanyň we fizikanyň nazaryýetiniň hem-de eksperimental usullarynyň kömegi bilen öwrenýär.

**Kolloid himiýa** bolsa fiziki himiýanyň bir bölegi bolup, ol ownuk (maýda, owradylan, eredilen) dispers sistemalaryň fiziki-himiýasydyr. Dispers diýlip maddanyň owradylan sistemasyna aýdylýar.

Fiziki himiýa esasan şu bölümleri öz içine alýar:

**Maddanyň gurluşy:** Bu bölüm atamlaryň, molekulalaryň gurluşyny, agregat ýagdaýyny öz içine alýar.

**Himiki termodinamika:** Bu bölüm fiziki himiýanyň in möhüm bölegi bolup, ol himiki proseslerde energiýanyň öwrülişiklerini we maddalaryň energetiki häsiýetnamasyny öz içine alýar. Ol himiki we himiki-tehnologiki prosesleri, himiki deňagramlylygy we energetiki hasaplamalaryň üsti bilen dolandyrmaga mümkinçilik berýär.

**Erginler hakyndaky taglymat:** Erginler himiýanyň, şol sanda fiziki we kolloid himiýanyň iş salyşýan in möhüm obýektleriniň biridir. Fiziki himiýa erginleriň olaryň düzümi bilen baglanyşylykdaky häsiýetlerini, termodinamikasyny ylmy esasyda öwrenýär.

**Himiki kinetika:** Bu bölümde himiki reaksiýanyň tizligi, onuň şertlerini, mehanizmini, dolandyrmagyň ýollary öwrenilýär.

**Elektrohimiýa:** Bu bölüm himiki we elektriki hadysalaryň özara baglanyşygyny öwrenýär. Munda elektrolitleriň häsiýetleri, elektrod prosesleri we okislenme-gaýtarylma reaksiýalary bilen baglanyşykly hadysalar öwrenilýär.

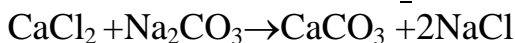
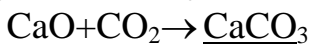
**Kolloid himiýa :** Dispers sistemalarda olaryň fiziki-himiki häsiýetlerini we üýtgemeleriň kanunalaýyklygyny öwrenmek kolloid himiýanyň wezipesi bolup durýar. Bu ylym tebigy hadysalaryň köp görnüşlerini, şol sanda geologiýada, nebit-gaz önümçiliginde giňden ulanylýar. Şonuň üçin şol ugurlardan taýýarlanýan inženerler fiziki-kolloid himiýany ýeterlik derejede öwrenýärler. Şonuň üçin şu ugurdan okaýan talyplara okuwyň II ýarym ýyllygynda himiýa dersi fiziki-kolloid himiýasy (fizkolloid) dersi hökmünde geçilýär. Şeýle bolansoň gelin ilki himiýanyň esasy düşüňjelerini ýatlap geçeliň.

Bilşimiz ýaly, himiýanyň we fizikanyň ylmy esasy atom - molekulýar taglymat düzýär. Bu diýildigi ähli maddalar we jisimler atomlardan we molekulalardan durýar. Bular maddanyň in kiçijik bölejikleri bolup onuň himiki we fiziki häsiýetlerini emele getirýärler. Onuň esasynda himiýanyň şu kanunlary ýatýar:

- Düzümiň hemişelik kanuny;
- Esse gatnaşyklarynyň kanuny;
- Awogadronyň kanuny;
- Ekwivalentlik kanuny

Bular bilen siz eýýam umumy himiýadan tanyşdyňyz. Şeýle-de bolsa olary gysgaça ýatlap geçeliň:

- **düzümiň hemişelik kanuny** şuny aňladýar: ýagny islendik madda alnys usulyna bagly bolman hemişe şol bir himiki düzüme eýedir. Meselem  $\text{CaCO}_3$  şu reaksiýalaryň haýsynda alnandygyna garamazdan şol  $\text{CaCO}_3$  formula laýyk düzüme eýedir:



- **esse gatnaşyklar kanuny**: Eger iki element özaralarynda birnäçe birleşmeleri emele getirýän bolsalar, bir elementiň mukdary beýleki elementiň şol bir agram mukdary bilen özara bitin sanlar boýunça gatnaşýarlar. Meselem: Azotyň dürli oksidlerinde ol şeýle:

Azotyň oksidleri	Oksidleriň düzümi, %		Azotyň 1 agram mukdaryna düşýän kislorodyň mukdary	Kislorodyň otnositel agram mukdary
	Azot	Kislorod		
$\text{N}_2\text{O}$	63,7	36,3	0,57	1
$\text{NO}$	46,7	53,3	1,14	2
$\text{N}_2\text{O}_3$	36,8	63,2	1,71	3
$\text{NO}_2$	30,4	69,6	2,28	4
$\text{N}_2\text{O}_5$	25,9	74,1	2,85	5

Bu kanun birleşmeleriň kesgitli gurluşa eýedigini, ýagny olary emele getirýän elementleriň belli bir paýlar esasynda amala aşýandygyny görkezýär. (Dalton açýar)

**Awogadronyň kanuny:** Şol bir meňzeş temperaturada we basyşda deň göwrümdäki gazlar molekulalaryň şol bir meňzeş sanyny saklaýarlar.

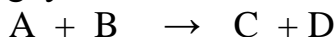
Kadaly şertlerde ( $0^{\circ}\text{C}$ , 1 atm.) islendik gazyň 1 gram-moly 22,4 l göwrüm tutýar. 1 gram-mol bu molekulýar massa san taýdan deň bolan maddanyň gramdaky mukdarydyr.

**Meselem:** 1 g-mol  $\text{O}_2=32$  gr

1 g-mol  $\text{CO}_2=44$  gr we ş.m.

1 g-mol madda  $6,02 \cdot 10^{23}$  molekula saklaýar. Oňa Awogadronyň sany diýilýär.

**Ekwiwalent kanuny:** Ähli maddalar öz aralarynda ekwiwalentlerine proporsional bolan mukdar gatnaşykda täsirleşýärler: Ýagny:



$m_{\text{A}} \quad m_{\text{B}}$

$E_{\text{A}} \quad E_{\text{B}}$

Onda  $\frac{m_{\text{A}}}{m_{\text{B}}} = \frac{E_{\text{A}}}{E_{\text{B}}}$ ; bu ýerden  $m_{\text{A}} \cdot E_{\text{B}} = m_{\text{B}} \cdot E_{\text{A}}$

Fiziki we kolloid himiýada giňden şu birlikler ulanylýar.

**Basyş P:** atm, paskal; mm sim.sütüni we başgalar.

1 atm=100 000 Pa=100 kPa=760 mm sim sütüni

**Temperatura  $t^{\circ}\text{C}$ ;  $T^{\circ}\text{K}$**

$$T^{\circ}\text{K}=273+t^{\circ}\text{C}$$

**Göwrüm:** litr (l);  $\text{m}^3$

$$1\text{m}^3=1000\text{ l}$$

$$1\text{ l}=1000\text{ ml}$$

**m-massa**, g; kg;

M-mol massa

R-uniwersal gaz hemişeligi, 8,314 Joul/mol·K

Ideal gazyň ýagdaýynyň deňlemesi:

Klapeýronyň Mendeleýewiň deňlemesi

$$PV = nRT = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

Bu ýerde: P-Pa;

$\mu$ -g/mol;

V-m<sup>3</sup>;

T-°K;

m-g;

R-8,314 Joul/mol·K

**Daltonyň partsial basşlaryň kanuny:**

- Himiki taýdan täsir edişmeýan gazlaryň garyndysynyň basyşy ol gazlaryň partsial basyşlarynyň jemine deňdir.

Partsial basyş-bu garyndydaky her aýratyn gazyň şol göwrümde we temperaturada döredip biljek basyşydyr.

Gazlaryň garyndysynda islendik komponentiň partsial basyşy umumy basyşyň şol komponentiň mol paýyna köpeldilmegine deňdir. Ýöne bu ideal gazlaryň garyndysyna degişlidir. Olarda komponentleriň mol paýlary göwrüm paýyna deňdir.

**Mysal.** Gury howanyň düzümi şeýle (göwrüm %):

$$P_{\text{umumy}} = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{CO_2}$$

N<sub>2</sub>— 78,08

O<sub>2</sub>— 20,99

CO<sub>2</sub>— 0,93

Bu gazlaryň umumy basyşy 760 mm sim.süt. Onda her gazyň partsial basyşy deňdir:

$$\left. \begin{aligned} P_{N_2} &= 0,7808 \times 760 = 593,40 \text{ mm sim.süt.} \\ P_{O_2} &= 0,2099 \times 760 = 159,52 \text{ mm sim.süt.} \\ P_{CO_2} &= 0,0093 \times 760 = 7,18 \text{ mm sim.süt.} \end{aligned} \right\} = 760,0 \text{ mm sim.süt}$$

**Mesele № 1: 50 l SO<sub>2</sub> kadaly şertlerde näçe agrama eýedir?**

$$\mu_{SO_2} = 64; \quad P = 1 \text{ atm} = 100000 \text{ Pa}$$

$$V = 50 \text{ l} = 0.050 \text{ m}^3; \quad T = 273^\circ \text{ K}$$

$$\text{Onda (1) formula boýunça} \quad PV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$m = \frac{RV \cdot \mu}{RT} = \frac{100000 \cdot 0,050 \cdot 64}{8,314 \cdot 273} = \frac{5000 \cdot 64}{2269,7} = \frac{3200 \cdot 00}{2269,7} =$$

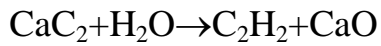
$$= 140,98 \text{ g} = 0,1409 \text{ kg}$$

$$m = 140,98 \text{ g}$$

**Mesele № 2: 17°C-de we 720 mm sim.st. 1,6 kg karbiden näçe litr asetilen alyp bolar?**

$$T^\circ \text{K} = 273 + 17 = 290^\circ \text{K}; \quad P = \frac{760}{720} \cdot 100000 \text{ Pa}$$

Ilki reaksiýa boýunça 1,6 kg CaC<sub>2</sub>-den näçe C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> alynýandygyny tapýarys



$$64,07 - 26,0$$

$$\frac{1,6 - x}{}$$

$$x = \frac{26 \cdot 1,6}{64,07} = 0,649 \text{ kg}$$

ýa-da 649 g, onda

$$V = \frac{mRT}{\mu P} = \frac{649 \cdot 8,314 \cdot 290}{26 \cdot \frac{720}{760} \cdot 100000} = 0,640 \text{ m}^3 = 640 \text{ l}$$

## Tema № 2

### Himiki termodinamika.

### Esasy düşünjeler we ululyklar.

### Himiki termodinamikanyň I kanuny

Himiki termodinamika ylym hökmünde şulary öwrenýär:

1. Energiýanyň bir formadan başga forma, sistemanyň bir böleginden beýleki bölegine geçişini;

2. Dürli fiziki ýa-da himiki prosesleri ugurdaş energetiki effektleri, olaryň geçişiniň şertlerine baglylygyny;

3. Berlen şertlerde prosesleriň geçişiniň mümkinçiligini, ugruny we özbaşdak geçmeginiň çäklerini.

Termodinamika 2 esasy kanuna daýanýar. Olara başgaça termodinamikanyň **birinji** we **ikinji** prinsipleri diýilýär.

Termodinamika özbaşdak ders hökmünde XIX asyryň ortalarynda döreýär. Ol ilki döwürde ýylylyk energiýasy bilen mehaniki işiň arasyndaky arabaglanşygy öwrenipdir. Onuň hem sebäbi senagatda bug bilen işleýän maşynlaryň ulanylyp başlamagy bilen baglanşykly. Emma soňra energiýanyň beýleki görnüşleriniň açylmagy bilen termodinamikanyň özüçi giňelýär. Ýagny elektrik, himiki, şöhle we energiýanyň beýleki görnüşleri. Meselem elektroliz, galwaniki elementler, sowadyjy maşynlar, kompressorlar praktikada giňden ýaýraýar. Şeýle dürli ugurlarda ulanylmagy termodinamikanyň dürli görnüşlerini



emele getirdi. Şolaryň biri hem özbaşdak ylym bolan **himiki termodinamikadyr.**

Himiki termodinamikanyň dersi himiki hadysalaryň, şol sanda fiziki himiýanyň hadysalaryny termodinamiki öwrenmeklige degişlidir.

Fiziki himiýa, hususan-da himiki termodinamika birnäçe esasy düşüňjeleri we ululyklary öz içine alýar. Olar şular:

**Sistema**: bu jisimiň ýa-da jisimler toparanyň daşarky gurşawda üznälikdäki özara täsirleşmesindäki ýagdaýydyr. Sistema **gomogen** we **geterogen** halda bolup bilýär.

**Gomogen** sistema, bu içinde häsiýetleri boýunça tapawutlanýan üst gatlagy bolmadyk sistemadyr.

Eger sistemanyň içinde şeýle üst gatlakly bolunýan bölegi bar bolsa oňa **geterogen** sistema diýilýär.

**Faza**. Bu ähli sistemanyň gomogen bölekleriniň jemidir we fiziki hem-de himiki häsiýetleri boýunça birmeňzeşdir. Ol sistemanyň beýleki böleklerinde üst bölünişigi (раздел) çäklendirilýär. Meselem suwuk suwdan we buzdan duzyňan sistemada 2 faza bardyr: suwuk we buz. Eger faza bir himiki individual maddadan durýan bolsa oňa **sada** faza diýilýär, eger köp maddadan durýan bolsa oňa **garyşyk** faza diýilýär.

**Izolirlenen sistema** diýlip daşarky gurşaw bilen maddanyň we energiýanyň alyş-çalyşy bolmadyk sistemasyna aýdylýar. Bular hemişelik göwrüme eýedirler. Sistemanyň ýagdaýyna (состояния) bagly bolan termodinamiki funksiýalara ýagdaýyň funksiýalary diýilýär. Olaryň üýtgemegi haýsy hem bir prosesde diňe sistemanyň başlangyç we ahyrky ýagdaýyna baglydyr we geçiş ýoluna bagly däl. Olar üçin

$$\Delta\chi = \chi_2 - \chi_1$$

Bu ýerde:  $\chi_1$  – berlen parametriň prosesiniň başyndaky bahasy;  
 $\chi_2$  – onuň ahyrky bahasy

Meselem ol içerki energiýanyň mysalynda şeýle

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Hemişelik temperaturada bolup geçýän proseslere **izotermiki**, hemişelik basyşdaky proseslere **izobar** prosesler diýilýär. Hemişelik göwrümde bolup geçýän proseslere bolsa – **izohor** prosesler diýilýär. Hususan-da sistema daşardan ýylylyk almany we bermäni daşarky gurşaw bilen baglylykda işe ýerine ýetirýän bolsa **adiabat** sistema diýilýär.

Himiki termodinamikada sistemanyň iň esasy möhüm ululyklarynyň biri-de **içerki energiýadyr**. Ol sistemanyň ýagdaýynyň parametridir. Termodinamiki taýdan ol onuň I kanunynyň esasynda kesgitlenýär. Fiziki taýdan ol sistemanyň umumy energiýanyň zapasyny aňladýan adalgadyr (termin). Oňa molekulalaryň hereketiniň, olarda atomlaryň hereketiniň, elektronlaryň aýlanşynyň we beýleki içerki hereketleriň energiýasydyr. Häzirki wagtda içerki energiýanyň absolýut ululygyny kesgitlemek başartmaýar. Diňe şol ýa-da başga prosesde onuň üýtgemesini ( $\Delta U$ ) ölçemek mümkin.  $\Delta U$  ululygy položitel hasaplanylýar, haçan-da sistemada içerki energiýa artýan bolsa. Birmeňzeş şertlerde maddanyň içerki energiýasynyň mukdary maddanyň mukdaryna proporsionaldyr. Bilşimiz ýaly, materiýanyň hereketiniň ölçegi hökmünde **energiýa** hasaplanylýar. Ähli termodinamiki proseslerde energiýa hemişelikdir, ol diňe

bir görnüşden beýleki görnüşe geçýär. Meselem, elektrik energiýa mehanika energiýa öwrülip bilýär, ýa-da tersine. Izolirlenen sistemada energiýanyň ähli görnüşleriniň jemi hemişelikdir. Şundan hem bize öňden belli bolan **energiýanyň saklanmak kanuny** gelip\_çykýar. Şundan termodinamikanyň **I kanuny** gelip çykýar. Ýagny: Energiýa harçlaman işläp bilýän **maşyny döretmek mümkin däl**dir. (perpetuum mobil mümkin däl). Diýmek ekwiwalent mukdarda energiýa harçlamazdan iş ýerine ýetirip bolmaýar. İşde içerki energiýanyň üýtgemegi matematiki taýdan şeýle aňladylýar:

$$\Delta U = q - A$$

q – sistema harç edilen ýylylyk mukdary

A – sistema tarapyndan ýerine ýetirilen iş

Izolirlenen sistemada

$$\partial q = 0; \quad \partial A = 0$$

Onda

$$\Delta U = 0; \quad U = \text{const}$$

Ýagny izolirlenen sistemada içerki energiýa hemişelikdir. Bu termodinamikanyň I kanunynyň ýene-de bir kesgitlenmesidir.

Ýene-de bir giňden ulanylýan termodinamiki funksiýalaryň biri-de **entalpiýadyr** (H). Ol şu ýönekeý görnüşde şeýle aňladylýar.

$$\boxed{H = U + pV} \quad (1)$$

Bu ýerde:

p – basyş;

v – sistemanyň göwrümi

Entalpiýa başgaça ýylylyksaklama hem diýilýär. Entalpiýa hem sistemanyň ýagdaýynyň funksiýasydyr. Bu has hem izobar sistemalar üçin gymmatlydyr. Ýylylyk bölünip çykmagy bilen bolup geçýän proseslere ekzotermiki prosesler diýilýär. Tersine, ýylylyk kabul edilmegi bilen geçýän proseslere endotermiki prosesler diýilýär.

Termodinamikada ekzotermiki proses (-), endotermiki proses (+) alamaty bilen aňladylýar. (öňki termohimiýadakyň tersine).

Meselem termodinamikada:

$$A + B = C + D - g \text{ (ekzotermiki)}$$

$$A + B = C + D - q \text{ (endotermiki)}$$

Izohor – izotermiki proseslerde ýylylyk effekti sistemanyň içerki energiýasynyň üýtgemegine deňdir:

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Izobar – izotermiki proseslerde bolsa ol deňdir:

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

Biz köplenç isobar – izotermiki proseslere serederis.

Köplenç ýylylyk efektleri ýöne prosesiniň ýylylygy hem diýilýär (emele gelme, ýanmak, bugarmak we beýleki ýylylyklar). Bular köplenç koloriýalarda bir mola gatnaşmak ýa-da gram – atoma gatnaşykda aňladýarlar. Energiýanyň bir sistemadan beýleki sistemasyna berilmegi netijesinde iş döreýär. Izobar prosesde iş A deňdir:

$$\boxed{A = p(V_2 - V_1)} \quad (2)$$

Ýagny izobar prosesde iř gazyň giňelmeginiň bitirýän işiniň ululygy basyşyň göwrüminiň ulalmagyna köpeldilmegine deňdir.

Izotermik prosesde A deňdir:

$$A = R (T_2 - T_1)$$

Onda 1 mol gaz üçin ýazyp bileris

$$pV = RT; \quad R = \frac{pV}{T}; \quad p = \frac{RT}{V}$$

$$A = \frac{pV}{T} (T_2 - T_1) \quad (\text{izotermik prosesde})$$

$$A = p(V_2 - V_1) = \frac{RT}{V} (V_2 - V_1) \quad (\text{izobar prosesde})$$

Integral görnüşde:

$$A = R \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

Integraldan soň alýarys:  $A = RT \ln \frac{V_2}{V_1}$

# Tema № 3

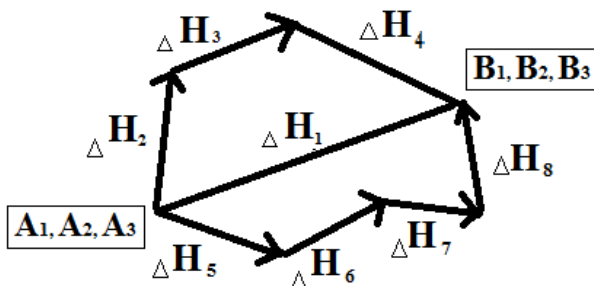
## Gessiň kanuny.

### Onuň termodinamiki esaslandyrylyşy. Ýylylyk effektini hasaplamakda onuň ulanylyşy.

1840-njy ýylda G.I. Gess tarapyndan şu kanun esaslandyrylyar:

Eger-de berlen başlangyç maddalardan dürli yollar arkaly ahyrky önümler alynýan bolsalar, şonda olaryň alnyş ýoluna bagly bolman, jemleýji ýylylyk effekt ahli ýollar üçin şol bir baha eýe bolýar. Başgaça aýdylsa himiki reaksiýalaryň ýylylyk effekti diňe başlangyç we ahyrky önümleriň görnüşine we ýagdaýyna bagly bolup, olaryň geçiş ýoluna bagly däldir.

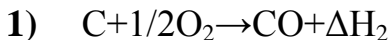
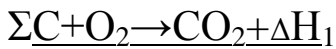
**Mysal.** Goý aydaly başlangyç  $A_1, A_2, A_3$  maddalardan dürli ýollar arkaly  $B_1, B_2, B_3$  önümler alnan bolsun. Onuň shemasy:



Şunda Gessiň kanuny boýunça gelip çykýar:

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = \Delta H_5 + \Delta H_6 + \Delta H_7 + \Delta H_8$$

Meselem kömrün kislorodda ýanşyny 2 ýolda amala aşyrmak mümkin:



Bu ýerden:  $\underline{\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3}$

Bu ýerden eger-de olaryň biriniň bahasy näbelli bolsa, onda olary beýlekileriň üsti bilen tapyp bolýar. Meselem  $\Delta H_2$  tapmaly. Ol deňdir:

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3$$

Eger-de standart şertlerde ( $25^0C$ )

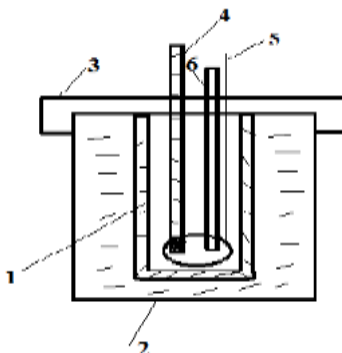
$$\Delta H_1 = -94,0 \text{ kkal/mol}$$

$$\Delta H_3 = -67,6 \text{ kkal/mol}$$

bolsa

$$\Delta H_2 = -94,0 - (-67,6) = \underline{-26,4 \text{ kkal/mol}}$$

Himiki reaksiýalaryň ýylylyk efektlerini kesgitlemek üçin kalorimetrler diýilýän priborlar ulanylýar. Onuň shemasy şeýle:



1-Dyuryň gaby; 2-Termostat; 3-Gapak;  
4-Termometr; 5-Garyşdyryjy (meşalka); 6-Probirka

Kalorimetrde temperaturany reaksiýadan öň we soň ölçeýarler. Sistemanyň ýylylyk sygymyny bilip (takmynan kesgitlenýar), kalorimetriň reaksiýa netijesinde edinen ýylylygyny ýagny reaksiýanyň ýylylyk effektini kesgitläp bolýar.

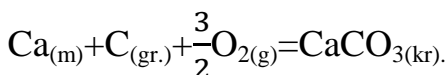
Gessiň kanuny esasynda himiki reaksiýalaryň ýylylyk effektleri hasaplananda ýylylyk effektiniň 2 görnüşini aýratyn ähmiýete eýedir.

Olar:

1. Emeleleme ýylylygy (Теплота образования).
2. Ýanmak ýylylygy (Теплота сгорания).

Emeleleme ýylylygy- bu sada maddalardan berlen maddanyň emele gelmeginde döreýan ýylylyk effektidir.(maddanyň 1 moly üçin).

Meselem 1 mol  $\text{CaCO}_3$  emeleleme ýylylygy onuň metallik Ca- dan, ugleroddan (grafit görnüşindäki) we gazhalyndaky kisloroddan emele gelýan ýylylyk effektini aňladýar:



Hakykatda bular ýaly reaksiýalary tejribede amala aşyrmak mümkin bolmasa hem, olaryň ýylylyk effektleri goşmaça hasaplamalarda giňden ulanylýar.

Reaksiýanyň ýylylyk effekti onuň geçiriliş şertine baglydyr (temperatura, basyşa we başg.). Häzirki wagtda olaryň bahalary sprawoçniklerde standart şertlerde getirilýär. Standart şertler hökmünde kabul edilen:  $p=1$  atm,  $t=25^{\circ}\text{C}$  ( $298^{\circ}\text{K}$ ) standart şertlerdäki ähli ululyklaryň ýokarsynda (0) ýazylýar. Meselem:  $\Delta H^0$  em.gel.,  $\Delta S^0$ ,  $\Delta G^0$  we başgalar.



Käbir maddalaryň standart  $\Delta H^0$  em.gelme aşakdaky ýaly(kkal/g-mol).

$$H_2O_{(g)} = -57,796$$

$$H_2O_{(s)} = -68,315$$

$$CO_{(g)} = -26,416$$

$$CO_{2(g)} = -94,051$$

$$Al_2(SO_4)_3 = -822,8$$

$$SO_{2(g)} = -70,95$$

$$SO_{3(g)} = -94,6$$

$$Al_2O_3(\alpha\text{-korund}) = -400,5$$

$$NaCl_{(k)} = -98,26$$

Gessiň kanunyndan şeýle netije gelip çykýar:

— Reaksiýanyň ýylylyk effekti deňlemäniň sag tarapyndaky maddalaryň  $\Delta H$  em.gelme jeminden deňlemäniň çep tarapyndaky maddalaryň  $\Delta H$  em.gelme-jeminiň aýrylmagyna deňdir. (koýefisiýentleri hasaba almak bilen).

**Meselem** şeýle reaksiýa üçin:

$$aA + bB = cC + dD$$

$$\Delta H^0_X = (c\Delta H^0_C + d\Delta H^0_D) - (a\Delta H^0_A + b\Delta H^0_B)$$

Ý a-da umumy halda:

$$\Delta H^0_X = \sum (n\Delta H^0_{\text{em.gelme}})_{\text{ahyrky}} - \sum (n\Delta H^0_{\text{em.gelme}})_{\text{baş.}}$$

**Mysal:** Kristallik  $Al_2O_3$  ( $\alpha$ -korund) we gaz halyndaky  $SO_3$ - den  $25^0C$ - de.

Kristallik  $Al_2(SO_4)_3$  alnysynyň ýylylyk effektini kesgitläliň.

Tablisadan:  $\Delta H^0_{\text{em.gelme Al}_2\text{O}_3} = -400,5 \text{ kkal}$   
 $\Delta H^0_{\text{em.gelme SO}_3} = -94,6 \text{ kkal}$   
 $\Delta H^0_{\text{em.gelme Al}_2(\text{SO}_4)_3} = -822,8 \text{ kkal}$

Reaksiýa şeýle geçýär:



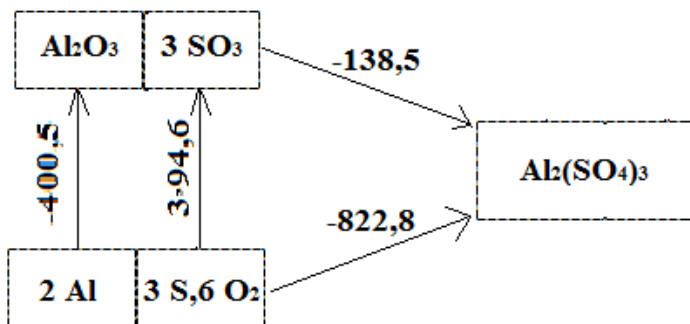
$$\Delta H_X = \Delta H_{\text{em.gelme}} - (\Delta H_{\text{em.gelme}} + 3\Delta H_{\text{em.gelme}}) =$$

$$= -822,8 - (-400,5 - 3 \cdot 94,6) = -138,5 \text{ kkal}$$

Diýmek şu reaksiýanyň ýylylyk effekti

$$\Delta H^0 = -138,5 \text{ kkal}$$

Bu reaksiýanyň ýylylyk effektiniň hasaplanyşynyň shemasy şeýle:



**Ý anmak ýylylygy**- berlen birleşmäniň kislorod bilen okislenip elementiniň ýokary okislenme derejeli okisleriniň ýylylyk effektidir.

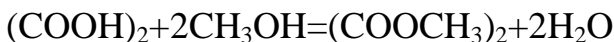
Organiki maddalar üçin olaryň kislorodda doly ýanmagy netijesinde  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  emele gelmegi bilen bolup geçýän reaksiýasynyň ýylylyk effektidir. Ol  $\Delta H^0_{\text{ýan.}}$  görnüşinde aňladylýar ( $\Delta H^0$  сгорания). Ony kalorimetrik bombalaryň kömegi bilen kesgitleýärler.

Gessiň kanunyndan gelip çykýar: Reaksiýanyň ýylylyk effekti, onuň başlangyç maddalarynyň  $\Sigma \Delta H^0_{\text{ýan}}$ -dan reaksiýanyň önümleriniň  $\Sigma \Delta H^0_{\text{ýan}}$ -nyň aýrylmagyna deňdir.

**Meselem:**  $aA + bB \rightarrow cC + dD$   
reaksiýa üçin ol şeýle:

$$\Delta H^0_X = \Sigma (n \Delta H^0_{\text{ýan}})_{\text{baş}} - \Sigma (n \Delta H^0_{\text{ýan}})_{\text{ahyrky}}$$

**Mysal:** Şawel kislotasynyň metil spirti bilen eterifikasiýanyň ýylylyk effektini kesgitlemeli.



$$\Delta H^0_{\text{ýan}}(\text{COOH})_2 \text{ kr.} = -60,1;$$

$$\Delta H^0_{\text{ýan}}(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{suw.}} = -173,65$$

$$\text{we } \Delta H^0_{\text{ýan}}(\text{COOCH}_3)_2 (\text{suw}) = -401,0 \text{ kkal/mol};$$

Onda:

$$\Delta H^0_X = -60,1 + (-2 \cdot 173,65) + 401,0 = -6,4 \text{ kkal}$$

$$\Delta H^0_{\text{ýan}}(\text{H}_2\text{O}) = 0$$

## Tema № 4

# Gessiň kanunyndan gelip çykýan netijeler. Termohimiki hasaplamalar ýylylyk effektiniň temperatura baglylygy.

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Deňlemanı temperatura görä differensirläp alarys:

$$\left(\frac{\partial(\Delta U)}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial U_2}{\partial T}\right)_v - \left(\frac{\partial U_1}{\partial T}\right)_v \quad (1)$$

Bilşimiz ýaly izohor prosesler üçin ýylylyk sygymy  $C_v$  deňdir.

$$C_v = \left(\frac{dU}{dT}\right)_v \quad (2)$$

Izobar prosesler üçin bolsa ol:

$$C_p = \left(\frac{dH}{dT}\right)_p \quad (3)$$

Onda (1) deňlemäni ýazyp bileris:

$$\left(\frac{\partial(\Delta U)}{\partial T}\right)_v = C_{v,2} - C_{v,1} = \Delta C_v \quad (4)$$

Bu ýerde:  $C_{v,1}$  – sistemanyň başdaky izohor ýylylyk sygymy  
 $C_{v,2}$  – sistemanyň ahyrky izohor ýylylyk sygymy  
 $\Delta C_v$  – başlangyç we ahyrky ýylylyk sygymalarynyň  
tapawudy – üýtgemegi

**Meselem:**  $bB + dD = q\ddot{O} + rR$

Reaksiýa üçin ol şeýle:

$$C_{v,1} = bC_{v,B} + dC_{v,D}$$

$$C_{v,2} = gC_{v\ddot{O}} + rC_{vR}$$

$$\Delta C_V = (qC_{V,\ddot{o}} + rC_{V,R}) - (bC_{V,B} + dC_{V,D})$$

Umumy görnüşde:

$$\Delta C_V = \sum(nC_V)_{\text{ahyrky}} - \sum(nC_V)_{\text{baş}} \quad (5)$$

Izobar prosesler üçin ol şeýle:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = C_{p,2} - C_{p,1} = \Delta C_p \quad (6)$$

(4) we (6) deňlemeler **Kirgofyň** kanuny diýlip atlandyrylýar:

— **Prosesiň ýylylyk effektiniň temperatura koýefisiýenti processiň netijesinde sistemanyň ýylylyk sygymynyň üýtgemegine deňdir.**

(4) we (6) deňlemeleri  $T_1$  – den  $T$ -e çenli çäklerde integrirlesek alarys:

$$\Delta H_T = \Delta H_{T_1} + \Delta C_p(T - T_1) \quad (7)$$

$$\Delta U_T = \Delta U_{T_1} + \Delta C_V(T - T_1) \quad (8)$$

**Mysal:**  $3C_2H_2 = C_6H_6$

Reaksiyanyň  $75^\circ \text{C}$ -däki ýylylyk effektini kesgitlemeli.  $17^\circ \text{C}$ -de  $\Delta H_{17} = -130,8 \text{ kkal/mol}$   $130800 \text{ kal/mol}$ . Asetiliniň we benzolyň izobar ýylylyk sygymlyry temperaturanyň bu aralygynda orta bahalary degişlilikde  $10,43$  we  $32,0 \text{ kal/grad.mol}$ .

**Ç özgüdi:** (6) deňlemeden peýdalanyň tapýarys:

$$\Delta C_p = 32,0 - 3 \cdot 10,43 = 0,7 \text{ kal/grad.mol.}$$

(7) deňlemäni ulanyp alarys:

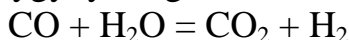
$$\Delta H_{75^\circ} = -130800 + 0,7(75 - 17) = -130760 \text{ kal/mol.}$$

Görşümiz ýaly baha başdaky–130800– den onçakly tapawutlanmaýar.

Eger-de ýylylyk sygymalarynyň üýtgemesiniň temperatura baglylygyny hasaba alynsa onda aşakdaky empiriki takmynan deňlemelerden peýdalanýarlar:

$$C = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 \quad (9)$$

**Mysal:** Şu reaksiýanyň ýylylyk effektiniň ( $\Delta H$ ) temperatura baglylygyny kesgitlemeli.



we onuň  $1000^\circ \text{C}$  – däki bahasyny tapmaly.

$$\Delta H_{298} = -9838 \text{ kal } (25^\circ \text{C})$$

Sprawochnikden (Kireýew, V goşundy) peýdalanyp ýagny  $a_0, a_1, a_2$  bahalary ulanyp ýazýarys:

Madda	$a_0$	$a_1$	$a_2$
$\text{CO}_{(g)}$	6,3424	$1,8363 \cdot 10^{-3}$	$-0,2801 \cdot 10^{-6}$
$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	7,219	$2,374 \cdot 10^{-3}$	$+0,267 \cdot 10^{-6}$
$\text{CO}_{2(g)}$	6,396	$10,100 \cdot 10^{-3}$	$-3,405 \cdot 10^{-6}$
$\text{H}_{2(g)}$	6,9469	$-0,1999 \cdot 10^{-3}$	$+0,4808 \cdot 10^{-6}$

$$C_{\text{PCO}} = 6,3424 + 1,8363 \cdot 10^{-3} T - 0,2801 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$C_{\text{PH}_2\text{O}} = 7,219 + 2,374 \cdot 10^{-3} T - 0,267 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$C_{\text{PCO}_2} = 6,396 + 10,100 \cdot 10^{-3} T - 3,405 \cdot 10^{-6} T^2$$

$$C_{\text{PH}_2} = 6,9469 + 0,1999 \cdot 10^{-3} T - 0,4808 \cdot 10^{-6} T^2$$

Bu deňlemelerden alýarys:

$$\Delta C_P = -0,219 + 5,690 \cdot 10^{-3} T - 2,911 \cdot 10^{-6} T^2$$

(ýagny  $\Delta C_P = \sum n C_{P \text{ ahyrky}} - \sum n C_{P \text{ başlangyç}}$ )

Bu bahany ( $\Delta C_P$ ) (6) deňlemä goýup alarys:

$$\left(\frac{d(\Delta H)}{dT}\right) = -0,219 + 5,690 \cdot 10^{-3} T - 2,911 \cdot 10^{-6} T^2$$

Hemişelik basyşda integrirläp alarys:

$$(\Delta H)_T = -0,219 T + 2,845 \cdot 10^{-3} T^2 - 0,9703 \cdot 10^{-6} T^3 + B$$

$\Delta H_{298} = -9838 \text{ kal}$  bahany ulanyp hemişelik bahany tapýarys: ol deňdir

$$B = -10000 \text{ kal}$$

Onda:

$$\Delta H_T = -10000 - 0,219 T + 2,845 \cdot 10^{-3} T^2 - 0,9703 \cdot 10^{-6} T^3$$

Onda  $T = 1273 \text{ °K}$  bahany goýsak alarys:

$$(T = 1000^\circ\text{C} + 273^\circ = 1273^\circ\text{K})$$

$\Delta H_{1273} = -7670 \text{ kal}$
---------------------------------------

Bu baha  $\Delta H_{298} = -9838 \text{ kal}$  bahadan ep-esli tapawutlanýar.

Diýmek, termodinamiki takyk hasaplamalarda ýylylyk sygymynyň temperatura baglylygyny hasaba almaly

## Tema № 5

### Termodinamikanyň II kanuny.

### Ö zerkine geçmeýän we özerkine geçýän prosesler.

Entropiýa. Entropiýanyň dürli proseslerde üýtgemesini hasaplamak.

Termodinamikanyň II kanunynyň esasyňy ýylylyk hadysalarynyň öwrülišiksizligi hakyndaky mesele düzýär.

Onuň şu manysy bar: Ý ylylyk özerkine pes gyzgyn jisimden ýokary gyzgyn jisime geçip bilmez. Emma tersine bolan proses hemişe öz erkine geçýär we bu proses öwrülišiksiz.

Tebigatda bolup geçýän prosesleri 3 topara bölmek mümkin:

1. Daşyndan işiň harçlanmagyny talap edýän prosesler. Muňa meselem haýsy hem bolsa bir ýüki ýokary galdyrmak.

2. Daşyndan işiň harçlanyşyny talap etmeýän we netijede daşarky güýçleriň garşysyna iş ýerine ýetirilmeýän prosesler. Meselem gorizonta tekizlikde şaryň hereketi, maýatnigiň sürtülmesiz hereketi we ş.m.

3. Özerkine geçýän prosesler, ýagny daşardan iş sarp edilmäni ýöne munda daşarky güýçleriň garşysyna iş ýerine ýetirilýär.

**Meselem:** ýüküň ýokardan aşak gaçmagy, kislota bilen aşgaryň neýtrallaşmasy, partlama, ýanmak we ş.m.



Termodinamikanyň I kanuny energiýanyň öwrülişiklerinde prosesini, häsiýetini, mümkinçiligini, ugruny hasaba almaýar. Munuň tersine II kanun, berlen temperaturada, basyşda we konsetrasiýalarda garalýan sistemada haýsy prosesleriň özerkine geçip biljekdigini (daşardan iş harçlamany), nähili iş ýerine ýetirilýändigini, deňagramlylyk ýagdaýyny kesgitleýär. Şol ýa-da beýleki prosesi amala aşyrmak üçin nähili şertler döretmelidigi, ugruny kesgitlemäge we başgalar.

Termodinamikada **entropiýa** diýilýän düşünje giňden ulanylýar. Ol termodinamiki sistemanyň ýagdaýyny we onda bolup geçýän prosesleriň ugruny doly häsiýetlendirýär.

Entropiýa hadysasyny shema boýunça aşadaky ýaly düşündirmek mümkin. Aýdaly arasy germew bilen gabyň bir böleginde himiki taýdan täsirleşmeýän azot, beýlekisinde bolsa argon bolsun. Haçan-da germew aýrylanda şol gazlar herekete gelip gabyň içinde 2 gaz deň konsentrasiýada ýaýraýar.



Diýmek bu gazlar öz erkine herekete gelýärler. Umuman entropiýa ýagdaýyň şeýle funksiýasy bolup, ol sistemada bolup geçýän prosesleriň öwrülişigini aňladýar. Ol öwrülişikli prosesler üçin geçişniň ýoluna bagly bolman, ol diňe sistemanyň başlangyç we ahyrky ýagdaýy bilen kesgitlenýär.

XIX asyrdä Klauzius termodinamikanyň II kanunynyň esasynda şu entropiýa düşüňjesini ylma girizýär. Ol “S” harpy bilen belgilenýär. Öwrülişikli izotermik prosesler üçin şeýle aňladylýar:

$$\Delta S = \frac{q}{T}$$

Aýdaly 1 ýagdaýdan 2 ýagdaýa geçilende entropiýanyň üýtgemegi deňdir:

$$\Delta S = S_2 - S_1$$

Öwrülişikli we öwrülişiksiz prosesler üçin umumy halda ýazyp bileris:

$$dU \leq TdS - \delta A$$

Eger iş diňe daşarky basyşyň garşysyna amala aşyrylýan bolsa, ýagny  $\delta A = pdV$  bolanda

$$\boxed{dU \leq T dS - pdV} \quad (1)$$

$$H = U + pV$$

Deňlemäni differensirläp alarys:

$$dH = dU + pdV + Vdp$$

muňa (1) deňlemeden  $\Delta U$  bahalaryny goýup gysgaltsak alarys:

$$\boxed{dH \leq TdS - Vdp} \quad (2)$$

Bu deňlemelerde aňladylýar:

(=)- deňagramly we öwrülişikli proseslere degişli.

(<)- öwrülişikli däl prosesler.

Bolsmanyň açan (1896) entropiýanyň statistik tebigatynyň manysy:

$$S = k \ln W \quad (3)$$

Bu ýerde K- Bolsmanyň hemişeligi  
W- sistemanyň berlen ýagdaýynyň termodinamiki ähtimallygy.

Ýokarda görkezişimiz ýaly:

$$dS = \frac{\partial Q}{T} \quad (4)$$

$\partial Q$ - ýylylyk mukdary.

Diýmek, entropiýa termodinamiki funksiýa bolup, onuň üýtgemegi  $dS$  öwrülişikli proseslerde  $\frac{\partial Q}{T}$  deňdir.

$\partial Q$ - bolsa deňdir:

$$\partial Q = dU + PdV$$

$$dU = C_v \cdot dT$$

$$PV = RT \quad \text{ýa-da} \quad \frac{P}{T} = \frac{R}{V}$$

Onda bu gatnaşyklary (4) deňleme bilen işleseň alarys:

$$dS = \frac{\partial Q}{T} = C_v \cdot \frac{dT}{T} + R \frac{dV}{V} \quad (5)$$

(5) “n” mol üçin temperaturanyň we göwrümiň kesgitli çäklerinde integrirleseň alýarys:

$$\int_{S_1}^{S_2} dS = nC_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + nR \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

Onda integraldan çykýar:

$$S_2 - S_1 = nC_v \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (6)$$

temperature we basyş üýtgeýän ýagdaýda:

$$S_2 - S_1 = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (7)$$

**Mysal:** 1/ mol KBr 25<sup>0</sup>C- dan 227<sup>0</sup>C- a çenli gyzdyrylanda entropiýanyň üýtgeýşini kesgitlemeli.

$$t = 25^{\circ}\text{C} = 298 \cdot \text{K};$$

$$t = 227^{\circ}\text{C} = 500 \cdot \text{K}$$

KBr- yň molýar ýylylyk sygymy deňdir:

$$C_p^{\text{KBr}} = 11,56 + 3,32 \cdot 10^{-3} T$$

Onda

$$S_2 - S_1 = \int_{T_1}^{T_2} C_p \frac{dT}{T}$$

$$S_{500} - S_{298} = \int_{298}^{500} (11,56 + 3,32 \cdot 10^{-3} T) \frac{dT}{T} =$$

$$= 11,56 \cdot 2,303 \lg \frac{500}{298} + 3,32 \cdot 10^{-3} (500 - 298) = 6,65$$

Diýmek:

$$\Delta S = S_{500} - S_{298} = 6,65 \text{ kal/mol.grad.}$$

**Mysal:** 215<sup>0</sup>C- de 23,64 l göwrümli ideal gazyň 50<sup>0</sup>C- a çenli gyzdyrylanda entropiýanyň üýtgeýşini onuň ahyrky göwrüminiň 26,51 l bolandakysyny kesgitlemeli.

$$S_2 - S_1 = nC_v \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$n=1; \quad C_v=2,98;$$

$$T_1=273+15=288^0\text{K}; \quad T_2=273+50=323^0\text{K}$$

Onda:

$$S_2 - S_1 = 1 \cdot 2,98 \cdot 2,303 \lg \frac{323}{288} + \\ + 1 \cdot 1,987 \cdot 2,303 \cdot \lg \frac{26,51}{23,64} = 0,57 \text{ kal/mol.grad.}$$

Bu ýerde  $R=1,987 \text{ kal/grad.mol. we ş.m.}$

# Tema № 6

## Termodinamiki potentsiallar.

### Gibbsiň energiýasy.

### Gibbsiň energiýasyny hasaplamak

Termodinamikada şu 5 karakteristiki funksiýalar giňden ulanylýar.

1. Izobar – izotermiki potentsial (gysgaça izobar potentsial) –  $G$
2. Izohor – izotermiki potentsial (gysgaça izohor potentsial) –  $F$
3. Içerki energiýa –  $U$
4. Entalpiýa –  $H$
5. Entropiýa –  $S$

Izohor potentsial

$$\boxed{F = U - TS} \quad (1)$$

Izobar potentsial

$$\boxed{G = H - TS} \quad (2)$$

(1) Potensiala ( $F$ ) başgaça Gelmgolsyň energiýasy,  
(2) potensiala ( $G$ ) Gibbsiň energiýasy hem diýilýär.

$F$  we  $G$  funksiýalar sistemanyň ýagdaýynyň funksiýalarydyr, şonuň üçin olaryň üýtgemegi  $\Delta F = F_1 - F_2$ ,  $\Delta G = G_1 - G_2$  aralyk tapgyrlara bagly dälendir.

Islendik ýapyk sistemada (siklde) işiň amala aşyrylmagy bilen özerkine geçýän prosesler ( $A > 0$ )  $F$ -iň azalmagy ( $T$ -const,  $V$ -const) we  $G$ -iň azalmagy ( $T$ -const,  $P$ -const) bilen bolup geçýär.

Özerkine geçýän prosesler sistemada deňagramlylyk emele gelýänçä dowam edýär. Bu ýagdaýda

$$F_1 = F_2, \text{ ýagny } F_1 - F_2 = A_{\max} = 0$$

ýa-da

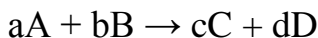
$$G_1 = G_2, \text{ onda } G_1 - G_2 = A_{\max} = 0$$

Bu aňladýar, ýagny deňagramly sistemalarda hiç hili özerkine öwürülişikler bolup bilmez, sebäbi olar F-iň we G-niň azalmagy bilen baglanyşykly.

Himiki reaksiýanyň izobar potensialynyň üýtgemegi  $\Delta G$  ahyrky önümleriň we başlangyç maddalaryň izobar potensiallarynyň tapawudyna deňdir:

$$\Delta G = \sum (n_i G_i)_{\text{ahyrky}} - \sum (n_i G_i)_{\text{baş.}}$$

**Meselem şeýle:**



$$\Delta G = (cG_C + dG_D) - (aG_A + bG_B)$$

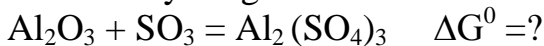
Bu ýerde  $G_C$ ;  $G_D$ ;  $G_A$ ;  $G_B$ ; - komponentleriň potensiallary. Emma olaryň bahalary belli däl. Şonuň üçin olaryň öz potensiallarynyň derejine olaryň funksiýalaryndan peýdalanmak amatly. Şeýle funksiýa hökmünde şol potensiallarynyň üýtgemegi ulanylýar. Ol potensial üýtgemeleri maddalaryň emele gelmeginde döreýärler we şunuň üçin olar  $\Delta G_{\text{em.gel.}}$  diýlip belgilenýär. Olara başgaça emele gelmäniň erkin energiýasy hem diýilýar, ýa-da Gibbsiň energiýasy diýilýär. (hemişelik basyşda).

Tutuş himiki reaksiýanyň izobar potensialynyň üýtgemegi bolsa deňdir.

$$\Delta G = \sum (n_i \Delta G_{\text{em.gel. } i})_{\text{ahyrky}} - \sum (n_i \Delta G_{\text{em. gel. i.}})_{\text{baş.}}$$

Izobar potensiallaryň standar şertlerdäki bahalaryna standart isobar potensialy diýilýär ( $\Delta G^0$ )

**Mysal 1:**  $\alpha$  – korunddan ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) we  $\text{SO}_3$  – den  $(\text{Al}_2\text{SO}_4)_3$  – iň alnyşynyň  $\Delta G^0$  –ny kesgitlemeli



$$\Delta G^{\circ}_{\text{em. gel.}} \text{Al}_2\text{O}_{3(\text{kg})} = - 378,2 \text{ kkal}$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{em. gel.}} \text{SO}_{3(\text{g})} = - 88,7 \text{ kkal}$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{em. gel.}} \text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(\text{kg})} = - 741,0 \text{ kkal}$$

**Onda:**

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reak}} = - 741,0 - (-378,2 + (- 3 \cdot 88,7)) =$$

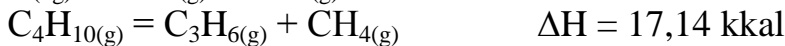
$$= - 741,0 - (- 378,2 - 3 \cdot 88,7) = - 96,7 \text{ kkal}$$

Şeýlelik bilen, maddalaryň  $\Delta G^{\circ}_{\text{em. gel}}$  bilmek arkaly reaksiýanyň  $\Delta G^{\circ}$ -ny hasaplap bolýar. Şonda eger-de  $\Delta G < 0$  bolsa reaksiýa göni ugra geçýär,  $\Delta G > 0$  – reaksiýa geçmegidir,  $\Delta G = 0$  bolsa reaksiýa deňagramlylykda bolýar.

**Mysal 2.**  $25^{\circ}\text{C}$  – de n – butanyň propilene we metana dargaýşynyň isobar potensialyny we entropiýasyny kesgitlemeli.



Gessiň kanuny boýunça ýylylyk emele gelmeleriň üsti bilen reaksiýanyň ýylylyk effektini tapýarys:



Entropiýanyň üýtgemesini tapýarys:

$$\Delta S = -S^{\circ}_{\text{C}_4\text{H}_{10}} + S^{\circ}_{\text{C}_3\text{H}_6} + S^{\circ}_{\text{CH}_4} =$$

$$= -74,12 + 63,80 + 44,5 = 34,18 \text{ kkal / grad} \cdot \text{mol}$$



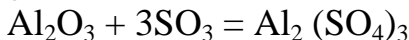
**Ç ü n k i:**  $\Delta S = \Sigma (n_i \cdot S_i)_{\text{ahyr}} - \Sigma (n_i \cdot S_i)_{\text{baş.}}$

$\Delta G^\circ$  kesgitleýäris:

$$\Delta G^\circ = \Delta H_{298^\circ} - 298 \cdot \Delta S_{298}$$

$$\Delta G^\circ = 17140 - 293 \cdot 34,18 = 6955 \text{ kal/mol} = 6,95 \text{ kkal/mol}$$

**Mysal 3:** 25°C-da şu reaksiýanyň entropiýasynyň üýtgemegini kesgitlemeli:



Tablisadan tapýarys  $S^\circ_{298}$  :

$$S^\circ_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 12,17 \text{ kal/grad} \cdot \text{mol}$$

$$S^\circ_{\text{SO}_3} = 61,34 \text{ kal/grad} \cdot \text{mol}$$

$$S^\circ_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 57,5 \text{ kal/grad} \cdot \text{mol}$$

Onda:

$$\begin{aligned} \Delta S^\circ &= \Sigma S_{\text{ahyr.}} - \Sigma S_{\text{baş.}} = 57,5 - (12,17 + 3 \cdot 61,34) = \\ &= -138,7 \text{ kal/grad} \cdot \text{mol} \end{aligned}$$

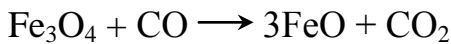
Şeýdip tapylýan  $\Delta S^\circ$  bahalary köplenç ýylylyk effektiniň tapylyşyndan has takyk bolýar.  $\Delta S^\circ$  we  $\Delta H^\circ$  bahalaryny bilip izobar potentsialy aşakdaky formula boýunça tapmak mümkin.

Şeýle hem deňagramlylyk konstantasyny K tapmak mümkin:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$R \ln K = \Delta S^\circ - \frac{\Delta H^\circ}{T}$$

**Mysal 4:** 25°C-de aşakdaky reaksiýanyň entropiýasynyň ( $\Delta S$ ) üýtgemegini hasaplamaly.



$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

deňlemesinden peýdalanýarys

Bu ýerden 
$$\Delta S = \frac{\Delta H - \Delta G}{T}$$

Diýmek ilki  $\Delta G$  we  $\Delta H$  bahalaryny  $25^\circ\text{C}$ -da tapmaly. Munuň üçin olaryň bize belli deňlemelerinden peýdalanalyň:

$$\Delta G = \Sigma (\Delta G_{\text{em. gel.}})_{\text{ahyrky}} - \Sigma (\Delta G_{\text{emele gelme}}) \text{ baş. (1)}$$

$$\Delta H = \Sigma (\Delta H_{\text{em. gel.}})_{\text{ahyrky}} - \Sigma (\Delta H_{\text{em. gel.}}) \text{ baş. (2)}$$

Maddalaryň ol bahalary:

$$\Delta G_{\text{em. gel.}} 3\text{FeO} = -175,2 \text{ kkal}$$

$$\Delta G_{\text{em. gel.}} \text{CO}_2 = -94,2 \text{ kkal}$$

$$\Delta G_{\text{em. gel.}} \text{Fe}_3\text{O}_4 = -242,4 \text{ kkal}$$

$$\Delta G_{\text{em. gel.}} \text{CO} = -32,808 \text{ kkal}$$

$$\Delta G = (-175,2 - 94,26) - (242,4 - 32,808) = 5,75 \text{ kkal.}$$

(2) deňleme boýunça tapylan  $\Delta H = 8,264 \text{ kkal.}$

Onda entropiýanyň üýtgemegi deňdir:

$$\Delta S = \frac{\Delta H - \Delta G}{T} = \frac{8,264 - 5,75}{298} = 0,00844 \text{ kkal/grad} = 8,44 \text{ kal/grad}$$

# Tema № 7

## Plank postulaty.

### Maddanyň gaty, suwuk we gaz hallarynda absolýutentropiýasyny hasaplamak.

Entropiýany maddanyň bölejikleriniň ýerleşişiniň tertipsizligi hökmünde seretmek mümkin.

Absolýut nol temperaturanyň ýakynynda ähli kandensirlenen sistemalarda geçýän reaksiýalarda entropiýanyň üýtgemegi bolmaýar.

Ýagny,  $\Delta S=0$ .

Başgaça ol şeýle:  $\lim_{T \rightarrow 0} S=0$  (1)

Ýagny dogry kristallaşan elementiň ýa-da birleşmäniň arassa halyndaky entropiýasy 0 deňdir. Beýleki ýagdaýlarda, meselem erginleriň, garyndylaryň, amorf maddalaryň entropiýasy absolýut nol temperaturada noldan uly. Şu tassyklama Plankyň postulaty diýilýär. (1912).

Bu postulatdan peýdalanyp dürli maddalaryň absolýut entropiýasyny şol ýa-da başga temperaturada kesgitlep bolýar. Munuň üçin ol maddalaryň ähli temperaturalardaky ýylylyk sygymalaryny bilmek gerek- absolýut noldan tä bizi gyzyklandyrýan temperatura çenli. Goý madda bizi gyzyklandyrýan  $T$  temperaturada kristallik ýagdaýda bolsun we onuň modifikasiýasy absolýut noldaky ýaly bolsun. Onda  $T$  temperaturada onuň entropiýasy deňdir:

$$S_T = \int_0^{T_{II}} \frac{C_P}{T} dT \quad (2)$$

Eger-de temperatura  $T_0$ -dan  $T_{II}$  aralygynda bir kristallik modifikasiýasyndan başga bir modifikasiýa geçýän bolsa, onda şu geçişlikde entropiýanyň ösüşini almak gerek bolýar we  $\frac{L_{II}}{T_{II}}$  deňdir.

Bu ýagdaýda:

$$S_T = \int_0^{T_{II}} \frac{C_P}{T} dT + \frac{L_{II}}{T_{II}} + \int_{T_{II}}^T \frac{C_P^I}{T} dT \quad (3)$$

$C_P^I$ -onuň ýokary temperatura modifikasiýasynyň ýylylyk sygymy.

Eger madda bizi gyzyklandyryýan temperaturada suwuk halynda bolsa, onda:

$$S_T = \int_0^{T_{II}} \frac{C_P}{T} dT + \frac{L_{II}}{T_{II}} \int_{T_{II}}^{T_{erem}} \frac{C_P^I}{T} dT + \frac{L_{erem}}{T_{erem}} + \int_{T_{erem}}^T \frac{C_P^{II}}{T} dT \quad (4)$$

Bu ýerde:  $L_{erem}$ -eremek ýylylygy,  
 $T_{erem}$ - eremek temperaturasy  
 $C_P^{II}$  -maddanyň suwuk ýagdaýdaky ýylylyk sygymy.

Eger-de madda gaz halynda bolsa we  $L_{bug.}$  onuň  $T_{gaýnamak}$  temperaturadaky bugarmak ýylylygy bolsa,  $C_P^{III}$  -gaz halyndaky ýylylyk sygymy bolsa, onda

$$S_T = \int_0^{T_{II}} \frac{C_P}{T} dT + \frac{L_{II}}{T_{II}} \int_{T_{II}}^{T_{erem}} \frac{C_P^I}{T} dT + \frac{L_{erem}}{T_{erem}} + \int_{T_{erem}}^{T_{ga?}} \frac{C_P^{II}}{T} dT + \frac{L_{bug.}}{T_{ga?}} + \int_{T_{ga?}}^T \frac{C_P^{III}}{T} dT$$

Şeýlelik bilen entropiýanyň absolýut bahalaryny dürli maddalaryň dürli ýagdaýynda we olaryň dürli şertlerindäki halyna kesgitlep bolýar.

Statistiki termodinamikanyň ösüşi maddanyň içerki gurluşynyň wedüzüm bölekleriniň esasynda dürli maddalaryň entropiýany kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Onuň manysy maddanyň düzüm bölejikleriniň hereketleriniň jemini aňladýar. Has takygy, molekulalaryň öňe bolan hereketi  $S_{\text{öňe}}$ , molekulalaryň aýlaw hereketleriniň  $S_{\text{aýlaw}}$ , atomlaryň we atomlar toparynyň aýlaw hereketleri we başgalar. Ýagny, şeýle:

$$S = S_{\text{öňe}} + S_{\text{aýlaw}} + \dots$$

Şeýlelik bilen molekuladaky ähli bölejikleriniň Sondaky ähli hereketlerine baglydyr.

Statistiki termodinamikanyň görkezişi ýaly, diňe entropiýa däl, eýsem beýleki termodinamiki funksiýalar  $U$ ,  $H$ ,  $F$ ,  $G$  maddalaryň düzümine we içerki gurluşyna baglydyr.

Eger-de termodinamikanyň II kanunyny ýeterlik tankydy nukdaý- nazardan seretmeseň käbir nädogry netijeler çykarmak mümkin.

Eger-de, bizi gurşap alýan älemi izolirlenen sistema diýip hasap etsek we onda öwrülişiksiz prosesler geçýän bolýan bolsa, onda onuň entropiýasy barha ýokarlanmaly we ähli älemiň temperaturasyny ýokarlandyrmaly. Şeýlelik-de “ýylylyk ölümi” diýilýän ýagdaý döremeli we ahryzaman diýilýän dini düşünje bolmaly. Emma hakykatda bu ýagdaý döremez, çünki älemde olup geçýän makroprosesler entropiýanyň ösmegine mümkinçilik

bermeyär we netijede gyzgyn temperaturanyň deňleşmegi bolmaýar.

Entropiýanyň statistiki manysyny kesgitlemek üçin ilki **termodinamiki ähtimallyk** düşünjesine seredeliň. Termodinamiki ähtimallyk diýlip berlen sistemanyň makrosistemasyny amala aşyrýan mikroýagdaýlaryň sanyna aýdylýar. Emma termodinamiki ähtimallygy matematiki ähtimallykdan tapawutlandyrmak gerek. Matematiki ähtimallyk termodinamiki ähtimallygyň mümkin bolan mikroýagdaýlaryň umumy sanyna bolan gatnaşygydyr. Matematiki ähtimallyk hemişe 1- den kiçidir, termodinamiki ähtimallyk bolsa uly sanlara eýedir. Matematiki ähtimallykdan mysal: Goý- arasy germewli absolýut taýdan içi boş gap bolsyn. Germewde bir deşik bar diýeliň. Gabyň ýarym bölegine 1 molekula ýerleşdireliň. Şonda iru-giç şol molekula deşikden geçip gabyň beýleki ýarymyna düşer. Molekulanyň birinji bölümünde ýerleşjekdiginiň ähtimallygy  $\frac{1}{2^1}$  deň. Eger gaba 2 molekula ýerleşdirsek, olaryň birinji bölümde ýerleşjekdiginiň ähtimallygy eýýäm  $\frac{1}{2^2}$  bolar. Haçan-da N molekulalar ýerleşdirilse olaryň hemmesiniň 1- nji bölümde ýerleşjekdiginiň ähtimallygy  $\frac{1}{2^N}$  deň bolar. Meselem  $1 \text{ sm}^3$  gazda  $N=10^{19}$ , ol bolar:  $\frac{1}{2^{10^{19}}}$ ; Bu örän kiçi ähtimallyk. Ol teoretiki taýdan mümkin bolsa hem, tejribede bolmaz. Hakykatda ähli molekulalaryň gabyň iki böleginde hem endigan ýerleşmegi ähtimal. Diýmek şu ýerden görünýär, ýagny şol proses matematiki taýdan ähtimal hem bolsa, termodinamiki taýdan ähtimal däl.

Öň belleýşimiz ýaly, izolirlenen sistemada geçýän proseslerde entropiýa öçýär. Ähli tebigy proseslerde sistema az ähtimal ýagdaýdan uly ähtimal ýagdaýa geçmeklige ymtylýar- has ähtimal termodinamiki ähtimallyk berjaý-edilýär. Şundan ugur alyp, Bolsman örän möhüm şu prinsipi hödürläpdir:

- **Entropiýa - bu sistemanyň ýagdaýynyň ähtimallyk funksiýasydyr.**

Ol şeýle aňladylýar:

$$S = f(w)$$

w- sistemanyň termodinamiki ähtimallygy.

Ý a-da umumy halda ol şeýle:

$$S = k \ln W$$

K- hemişelik ululyk.

Bu formula görkezýär: sistemanyň entropiýasy onuň ýagdaýynyň ähtimallygynyň logorifmine proporsionaldyr.

Diýmek II termodinamiki kanunyň esasynda gelip çykýar:

- **Entropiýa-bu jisimleriň we sistemalaryň termodinamiki ýagdaýynyň ähtimallygynyň ölçegidir.**

## Tema № 8

### Erginleriň termodinamikasy.

### Ideal we real erginler.

### Erginiň düzüminiň aňladylyşy.

Erginler diýlip iki ýa-da ondan köp maddalary özünde saklaýan gomogen sistemalara aýdylýar. Olaryň göwrüminiň islendik bölegi şol bir himiki düzüme eýedir. Erginler eredijiden we onda eredilen maddalar durýar. Eredilen maddalaryň konsentrasiýasy dürli mukdarda bolup biler we ol olaryň ereýjiligine baglydyr. Meselem 20°C-da 100 gram suwda NaCl duzy 36,5 grama çenli eräp bilýär we ol onuň ereýjiligini aňladýar.

Termodinamiki taýdan maddanyň eremegi özerkine izobar potensialyň peselmegi bilen bolup geçýär. Ol proses erginiň doýgunlyk ýagdaýy döreýänça dowam edýär. Maddalaryň eremegi ýöne bir mehaniki garyndy däl. Sebäbi erediji bilen eredilýän maddanyň arasynda özara täsirleşme bolup geçýär. Meselem kükürt kislotasy we aşgarlar suwda eredilende ýylylyk bölünip çykýar. Umuman erginleriň tebigatyny düşündirmekde himiki we fiziki teoriýalar bar. **Himiki teoriýa** gidrat (erediji suw) we solwat (erediji beýleki maddalar) teoriýalary degişlidir. **Fiziki teoriýa** boýunça (onuň tarapdarlary Wont-Goff, Arrenius, Nernst we beýlekiler) eredilen maddalar molekulalaryň gomogen garyndysy bolup olaryň ýagdaýy gazlaryň ýagdaýyna meňzeş bolmaly. Oňa görä erediji hamala indifferent häsiýete, ýagny eredilýän madda bilen täsirleşmeýän ýagdaýda bolmaly. Bu iki teoriýanyň hem



artykmaçlyklary we ýetmezçilikleri bar. Şonuň üçin olaryň ikisi-de degişli pursatlarda ulanylýar. Erginler suwuk, gaty we gaz halynda bolup bilerler. Aşakda suw erginleriniň düzüminiň mukdar taýdan aňladylyşyna serederis.

Özüňize mälim bolşy ýaly, erginleriň düzüminiň mukdar görkezijisi olaryň konsentrasiýasydyr. Onuň aňladylyşynyň şu görnüşleri bar:

- Prosent konsentrasiýasy
- Molýar konsentrasiýasy
- Normal (ekwiwalent) konsentrasiýasy
- Molýal konsentrasiýasy

### **Prosent konsentrasiýasynyň formulasy:**

$$C_{\%} = \frac{m}{G} \cdot 100 \quad (1)$$

m – eredilen maddanyň massasy, gr.

G – erginiň umumy massasy, gr.

### **Molýar konsentrasiýanyň formulasy:**

$$C_M = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot V}; \text{ g-mol/l} \quad (2)$$

M – eredilen maddanyň molekulýar massasy,

V – erginiň gowrümi, ml.

### **Normal konsentrasiýanyň formulasy:**

$$C_N = \frac{m \cdot 1000}{E \cdot V} \text{ g-ekw/l} \quad (3)$$

E – eredilen maddanyň ekwiwalenti

Molýal konsentrasiýa bu eredilen maddanyň 1000 gram eredijidäki gram-mol sany:

$$C_m = \frac{m}{M} \cdot \frac{1000}{m_{\text{suw}}}$$

Ýokarda belleýşimiz ýaly, dürli maddalaryň suwda ereýjiligi birmeňzeş däldir. Hususan-da, gazlaryň suwda ereýjiligi temperaturanyň peselmegi we basyşyň ýokarlanmagy bilen artýar. Aşakda käbir gazlaryň 18°C-da we 1 atm basyşda suwda ereýjiligi getirilen:

<b>Gaz</b>	<b>1 göwrüm suwda gazyň ereýän göwrümi</b>	<b>Gaz</b>	<b>1 göwrüm suwda gazyň ereýän göwrümi</b>
Geliý	0,0139	Hlor	2,40
Azot	0,01698	Kükürt gaz	42,36
Wodorod	0,01863	Hlor wodorod	427,90
Kislorod	0,03220	Ammiak	748,80
Kömürturşy gazy	0,9280		

Görnüşi ýaly ammiagyň, hlorwodorodyň suwda ýokary ereýjiligi olaryň suw bilen täsirleşmegidir. 0°C-de we 1 atom basyşda ammiagyň 100 gr dürli eredijilerde ereýjiligi aşakdaky ýaly (gram ammiak):

<b>Gaz</b>	<b>Erediji</b>				
	<b>Suw</b>	<b>Metil spirt</b>	<b>Etil spirt</b>	<b>Etil efir</b>	<b>Toluol</b>
Ammiak	87,5	42,0	25,0	2,0	0,048

Gazlaryň suwda ereýjiliginiň basyşa baglylygy Genriniň (1803 ý.) kanuna laýyklykda hemişelik temperaturada ol suwuklygyň üstündäki basyşa proporsionaldyr:

$$C_{\text{suwuk}} = kp \quad (4)$$

$C_{\text{suwuk}}$  – gazyň ergindäki konsentrasiýasy,

$p$  – gazyň erginiň üstündäki basyşy

$k$  – proporsionallyk koýeffisiýenti.

Genriniň kanuny diňe gowşak erginlerde we kiçi basyşlarda berjaý edilýär, ýagny haçan-da gazlar ideal gazlaryň kanuny boýun egýän ýagdaýynda. Şeýle hem gazyň molekulalary suwuklyk bilen täsirleşýän bolsa Genriniň kanuny berjaý edilmeyär. Meselem  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$  suwda eredilende olaryň suw birleşmeleri –  $\text{HCl}$  kislotasy,  $\text{NH}_4\text{OH}$  – emele gelýär.

Gazlaryň garyndysy üçin hem Genriniň kanuny garyndynyň her düzüm bölegi üçin adalatlydyr. Ýöne munda ol kanun şeýle bolýar: **Garyndydaky her gazyň ereýjiligi onuň erginiň üstündäki parsial basyşa proporsionaldyr.**

Gazlaryň ereýjiligi temperatura hem baglydyr. Kabir gazlaryň ereýjiliginiň temperatura baglylygy aşakdaky tablisadan görünýär.

Temperatura °C	Dürli gazlaryň ereýjiligi, gr/100 gr suw				
	$\text{O}_2$	$\text{H}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{SO}_2$
0	0,0489	0,0215	1,710	4,67	79,8
20	0,0155	0,0182	0,878	2,58	39,4
40	0,0118	0,0164	0,530	1,66	18,8
60	0,0102	0,0160	0,359	1,19	10,6

Gazyň ereýjiligi we temperatura arasyndaky mukdar baglylygy Klapeýronyň – Klauzisiň deňlemesi boýunça şeýle aňlatmak bolar:

$$\ln \frac{N_2}{N_1} = -\frac{\lambda}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (5)$$

$N_2$  we  $N_1$  gazyň  $T_2$  we  $T_1$  temperaturalarydaky ereýjiligi  
 $\lambda$  – 1 mol eredilen gazyň doýgun ergindäki bölüp çykarýan ýylylygy.

Gazlaryň suwuklykda eremegine başgaça **absorbsiýa** diýilýär.

Köp ýagdaýlarda gazlar eredilende ýylylyk bölünip çykýar we göwrüm kiçelýär. Gazlaryň suwuklykda ereýjiligi geologiyada, biologiyada we himiýanyň pudaklarynda uly ähmiýete eýe. Çünki himiki usullaryň köpüsi şoňa esaslanan. Meselem gazlary arassalamak, kislotalary öndürmek we başgalar. Geologiyada gazlaryň suwuklykda eremegi köp sanly magdanlaryň emele gelmegine getirýär. Biologiyada suwda kislorodyň eremegi ondaky jandarlaryň ýaşamagyny üpjün edýär. Hususan-da, suwda göwrümi boýunça 18°C-da kislorod azota görä has baýdyr.

Gazlaryň dürli suwlarda 20°C-de we 1 atom basdyşda ereýjiligi aşakdaky ýalydyr:

Gaz	1 litr erediji suwuklykda eredilýän gazyň litr sany		
	H <sub>2</sub> O	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
He	0,0088	0,0180	0,0309
H <sub>2</sub>	0,01819	0,068	0,0977
N <sub>2</sub>	0,01570	0,1162	0,1747
O <sub>2</sub>	0,03103	0,168	0,216
CO <sub>2</sub>	0,878	-	-
H <sub>2</sub> S	2,582	-	-
NH <sub>3</sub>	702	-	-

Görnüşi ýaly şol bir gazyň dürli suwuklyklarda ereýjiligi birmeňzeş däl. Erediji bilen birleşme emele getirmeýän gazlaryň ereýjiligi has hem pes.

## **Tema № 9**

# **Erginleriň doýgun bugunyň basyşy. Raulyň kanuny. Ideal erginleriň ekstensiw häsiýetleriniň additiwligi.**

Suwuklyklaryň özara ereýjiligi.

Iki sany suwuklyk garyşdyrylsa olaryň özara ereýjiliginiň aşakdaky 3 ýagdaýy bolup biler:

1. Suwuklyklar bölekleyin garyşýarlar (suw-efir, suw-analin).
2. Biri- birinde düýbinden eremeýän suwuklyklar (suw-benzol).

Iki suwuklygyň özara ereýjiligi daşky şertleriň üýtgemegi bilen ep- esli üýtgäp bilýär. Temperaturanyň ýokarlanmagy adatça olaryň ereýjiligini artdyrýar we käte özara çäksiz ereýjilige çenli baryp ýetýär. Suwuklyklaryň islendik gatnaşykda özara ereýjiligine laýyk gelýän temperatura ýokarky kritiki ereýjilik temperaturasy diýilýär. Meselem suw- anilin sistemasynda ol  $168^{\circ}\text{C}$ . Şu temperaturadan ýokary temperaturada olar islendik gatnaşykda biri- birinden eräp bilýärler.

Tersine, käbir sistemalarda temperaturanyň peselmegi suwuklyklaryň özara ereýjiligini artdyrýar. Iň aşak temperaturadan pes temperatura olaryň doly özara eremegine aşaky eremäniň aşaky kritiki temperaturasy diýilýär. Meselem bulara suw- dietilamin sistemasy degişli. Şeýle hem suwuklyklaryň özara ereýjiligine üçünji komponentiň gatnaşmagy hem uly täsir edýär. Meselem,

eger sistemada ýeterlik mukdarda LiI bar bolsa, anilin suw bilen islendik gatnaşykda çäksiz garyşýar.

Erginler bilşimiz ýaly eredijiden we eredilen maddalardan durýar. Şonuň üçin erginiň käbir häsiýetleri arassa eredijiniň häsiýetlerinden düýpli tapawutlanýarlar. Şol häsiýetleriň biri- de erginiň doýgun bugynyň basyşydyr.

Erginiň üstünde eredijiniň doýgun bugynyň basyşy hemişe arassa eredijiniň üstündäkiden pesdir. Şunda ol has hem ergindäki eredilen maddanyň konsentrasiýasy näçe uly bolsa, ol şonça pesdir.

Has ýönekeý sistemalarda, haçan- da erediji we eredilen madda molekulalarynyň düzümi we gurluşy boýunça ýakyn bolanda A komponentiň doýgun erginiň erginiň üstündäki basyşy  $P_A$  molekulalaryň sanyna göni proporsional. Ýagny:

$$P_A = K N_A$$

Bu ýerde:  $N_A$ - mol bölegi (A maddanyň)

Haçan-da  $N_A = 1$  bolanda

$$K = P_A^0$$

$P_A^0$ -komponentiň erkin halyndaky doýgun bugunyň basyşy.

$$\text{Onda} \quad P_A = N_A \cdot P_A^0 \quad (1)$$

Eger-de eredilen maddanyň mol sany  $N_B$  diýsek, onda

$$N_A + N_B = 1; \quad N_A = 1 - N_B$$

Muny (1) formula goýsak alarys:

$$P_A = (1 - N_B) \times P_A^0 \quad (2)$$

Bu ýerden:

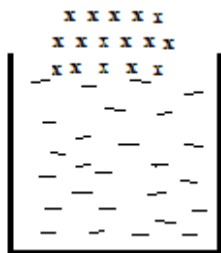
$$N_B = \frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} \quad (3)$$

$(P_A^0 - P_A)$  – doýgun buguň basyşynyň peselmegi diýilýär:

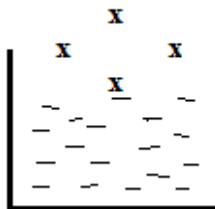
$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0}$  – doýgun buguň basyşynyň otnositel peselmegi diýilýär.

- Eredijiniň doýgun bugynyň ergininiň üstünde otnositel peselmegi erginde eredilen maddanyň mol bölegine proporsionaldyr. **Muňa Raulyň kanuny diýilýär.**

Eredijiniň bugarmasynyň shemasy aşakdaky ýaly:



**arassa eredijiden**



**erginden**

x - suw bugunyň molekulalary

**Mysal:** 25<sup>0</sup>C-da 0,200 molýal gant ergininiň üstündäki suwuň doýgun bugynyň basyşyny kegitlemeli. Bu temperaturada arassa suwuň doýgun bugynyň basyşy 23,756 mm.simap sütüni.



**Çözülişi:** Molýallyk bu maddanyň 1000 gr eredijidäki mol sany. Ý agny:

$$\frac{1000}{18,01}=55,52 \text{ suw moly.}$$

Onda gandyň ergindäki mol sany:

$$N_B = \frac{0,200}{55,52+0,200} = 0,00359$$

Onda (3) formula boýunça tapýarys:

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = N_B$$

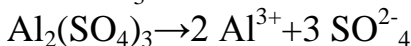
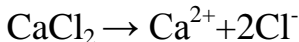
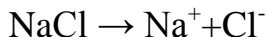
$$\frac{23,756 - P_A}{23,756} = 0,00359$$

$$P_A = 23,671 \text{ mm sim.süt.}$$

Görşümüz  $P_A < P_A^0$ , ýagny gant ergininiň üstündäki suwuň doýgun bugunyň basyşy arassa suwuňkydan peselipdir. ýagny  $23,671 < 23,756$

Ýöne erginleriň konsentrasiýasynyň artmagy bilen Raulýň kanunyndan sowulmalar bolýar. Çünki duzlaryň, güýçli kislatalaryň we aşgarlaryň erginlerinde eredilen madda ionlar görnüşinde bolýar we olaryň sany köpeliýär.

**Meselem:**



Gowşak erginler arassa eredijä garanynda pes temperaturada doňýar. Meselem, deňiz suwy  $0^{\circ}\text{C}$ - da däl-de, has pes temperaturada doňýar. Doňmak temperaturanyň bu peselmegini şeýle aňlatmak mümkin:

$$\Delta T_{\text{doň.}} = T^0_{\text{doň.}} - T_{\text{doň.}}$$

$T^0_{\text{doň.}}$ - arassa eredijiniň doňmak temperaturasy,

$T_{\text{doň.}}$ - erginiň doňmak temperaturasy.

Erginiň doňmak temperaturasynyň peselmegi onuň konsentrasiýasyna proporsionaldyr.

Ý agny:

$$\Delta T_{\text{doň.}} = K_c \quad (4)$$

$c$ - eredilen maddanyň molýal konsentrasiýasy

$K$ - proporsionallyk koýeffisienti, ol her bir eredijiüçin hemişelikdir we oňa başgaça krioskopik hemişelik hem diýilýär.(grekçeden “krios”- doňmak).

**Meselem**  $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,859$ ;  $K_{\text{benzol}} = 5,10$ .

Çäksiz goşmak erginler üçin:

$$K = \frac{R(T^0_{\text{doň.}})}{1000 \ell_{\text{erem}}}; \quad (5)$$

$T^0_{\text{doň.}}$ -eredijiniň doňmak temperaturasy,

$K \ell_{\text{erem.}}$ - onuň udel eremek ýylylygy, kal/gr.

Elektrolitik dissosiýasiýa geçýän erginlerde, bölejikleriň köpelmegi zerarly hemişe ýokarly aňlatmalardan sowulma bolup durýar.

Krioskopiýa metodyny ulanyp eredilen maddalaryň molekulýar massasyny kesgitlemek mümkin.

**Mysal.** Eger gant ergini-  $1^{\circ}\text{C}$ - de doňýan bolsa we  $K_{\text{H}_2\text{O}}=1,86$  bolsa şol erginiň % konsentrasiýasyny kesgitlemeli.

**Çözülişi (4)** deňlemeden:

$$C = \frac{\Delta T_{\text{doň}}}{K}$$

Onda

$$C = \frac{1}{1,86} = 0,537 \text{ mol } 1000 \text{ gr suwda.}$$

**Molýal konsentrasiýanyň formulasy:**

$$C = \frac{g}{M} \cdot \frac{1000}{G} \quad (\text{a})$$

Bu ýerde: g- eredilen maddanyň agramy,  
M- onuň molekulýar massasy  
G- eredişiniň agramy

Konsentrasiýany %- da aňlatmak üçin (a) formulany şeýle öwüräliň:

$$\begin{aligned} \frac{G}{g} &= \frac{1000}{cM}; & \frac{G}{g} + 1 &= \frac{1000}{cM} + 1 \\ \frac{G+g}{g} &= \frac{1000+cM}{cM} & \text{ýa-da} & \frac{g}{g+G} = \frac{cM}{1000+cM} \end{aligned}$$

deňlemäniň iki tarapyny hem 100 köpeldip, gandyň % konsentrasiýasyny taparys: Gandyň molekulýar agramy 342.

Onda:

$$\text{Gant \%} = \frac{0,537 \cdot 342}{1000 + 0,537 \cdot 342} \cdot 100 = 15,33\%$$

# Tema № 10

## Gowşak erginleriň gaýnama temperaturasynyň beýgelmegi.

Şol bir basyşda uçmaýan maddalaryň uçýan eredijilerdäki erginleriniň gaýnamak temperaturasy hemişe eredijiniň gaýnamak temperaturasyndan ýokary bolaýar. Ol ýokarlanma eredilen maddanyň konsentراسیاسyna proporsional bolýar. Bu has hem gowşak erginler üçin häsiýetlidir. Islendik suwukluk özüniň doýgun bugynyň basyşy daşky basyşa deň bolanda gaýnaýar. Erginiň we arassa eredijiniň gaýnamak temperaturalaryň arasyndaky tapawuda erginleriň gaýnamak temperaturanyň beýgelmegi diýilýär. Ol deňdir:

$$\Delta T_{\text{gaýn.}} = T_{\text{gaýn.}} - T^{\circ}_{\text{gaýn.}}$$

Bu ýerde:  $T_{\text{gaýn.}}$  – erginiň gaýnamak temperaturasy  
 $T^{\circ}_{\text{gaýn.}}$  – arassa eredijiniň gaýnamak temperaturasy

Erginiň gaýnamak temperaturasynyň beýgelmegi onuň konsentراسیاسyna proporsionaldyr. Ýagny:

$$\Delta T_{\text{gaýn.}} = E_C \quad (1)$$

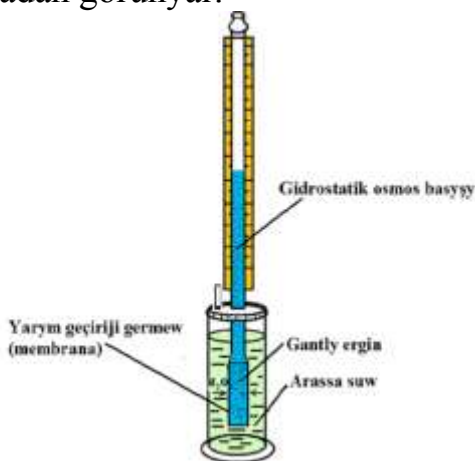
Bu ýerde:  $E$  – ebulioskopik hemişelik  
 $C$  – erginiň konsentراسیاسy

Dürli suwuklyklar üçin  $E$  aşakdaky ýaly: suw üçin  $E_{H_2O} = 0,52$ ; benzol üçin  $E = 2,64$  Görkezmek bolar, ýagny

$$E = \frac{R(T^{\circ}_{\text{gaýn.}})^2}{1000 \cdot l_{\text{bugarmak}}} \quad (2)$$

$l_{\text{bugarmak}}$  – arassa eredijiniň udel bugarma ýylylygy, kal/gr

Gowşak erginlerde döreyän ýene bir hadysalaryň biri-de osmos we osmos basyşydyr. Onuň manysy şeýle. Goý iki sany gap berlen bolsun, olaryň biri beýlekisinde ýerleşdirilsin. Şonda içki gabyň düýbi ýarymsüzüji materialdan edilen bolsun. Şol materialdan suwuň molekulalary geçip, eredilen maddanyň molekulalary geçip bilmeýär. Daşky gap suwdan doldurylan, içki gapda haýsy hem bir ergin ýerleşdirilsin, meselem gandyň ergini. Şunda daşky gapdaky suwuň molekulalary ýarym süzüji materialdan ergine geçip bilýär, emma ergindäki gandyň molekulalary suwa geçip bilmeýär. Şeýle özerkine bolup geýän hadysa **osmos hadysasy diýilýär.** Şunda erginde döreyän gidrostatik basyşa osmos basyşy diýilýär. Ol aşakdaky shemadan görüňär.



Başgaça aýtsak, osmos basyşy bu ergin bilen arassa suw arasyndaky deňagramlylygy üpjün etmäge deň bolan basyşdyr. Sebäbi şol basyşda arassa suwuň ergine geçişi we suwuň erginden arassa suwa geçişi özara deňleşýär.

Ýarym süzgüç materiallar hökmünde käbir tebigy önümler, ýa-da kolloid plýonkalar, häzirki wagtda ýörite

polimer membranalar ulanylýar. Osmos basyşy göwşak erginlerde eredilen maddanyň konsentrasiýasyna we temperatura proporsionaldyr. Ýöne ol eredilen maddanyň we eredijiniň tebigatyna bagly dälendir. Şeýlelikde osmos basyşynyň ( $\pi$ ) konsentrasiýa we temperatura baglylygy şeýle aňladylýar:

$$\pi = cRT \quad (3)$$

Bu ýerde:  $R$  – gaz hemişeligi.

Şunuň esasynda osmos basyşynyň şeýle kesgitlemesi hem bar:

— **Osmos basyşy bu – eger-de eredilen madda gaz halýnda bolanda onuň şol temperaturada we erginiň şol göwrümünde döredip biljek basyşdyr.**

Muňa Want – Goffyň kanuny diýilýär. (1884ý.)

(3) Formulada “ $C$ ” erginiň molýar konsentrasiýasy we ol deňdir.

$$C = \frac{m}{M \cdot m}$$

Bu ýerde:  $m$  – eredilen maddanyň massasy  
 $M \cdot m$  – onuň molekulýar massasy

Gazlaryň kanuny boýunça

$$\pi = PV = CRT$$

Mendeleyewiň – Klaperyonyň formulasyna meňzeş.

Onda: 
$$p = \frac{CRT}{V} = \frac{m \cdot RT}{M \cdot m \cdot V} \quad (4)$$

Bu formuladan eredilen maddanyň molekulýar massasyny osmos basyşynyň üsti bilen şeýle kesgitlep bolýar:

$$M \cdot m = \frac{m \cdot RT}{pV} \quad (5)$$

Bu usul boýunça himiki formulasy belli bolmadyk maddalaryň molekulýar massalaryny kesgitläp bolýar. Meselem, şu usul bilen ilkinji gezek gemoglobiniň molekulýar massasy tapylypdyr we ol 68000 deň bolupdyr.

Osmos basyşy meňzeş bolan erginlere izotonik (izoosmotik) erginler diýilýär.

### **Konsentrirlenen erginleriň häsiýetleri**

Bu erginlerde eredilen maddanyň konsentrasiýasy gowşak erginleriňkiden has ýokary bolýar. Bular üçin 2 ýagdaý bolup biler:

1. Hususan-da erediji bilen eredilen maddanyň arasynda özara täsirleşme ýok;
2. Haçan-da erediji bilen eredilen madda arasynda täsirleşme bar;

Birinji ýagdaýda konsentrirlenen erginleriň köp häsiýetleri gowşak erginleriňkä meňzeş. Çünki eredijiniň we eredilen maddanyň molekulalary başdaky ýagdaýyny saklaýarlar we özleriniň arassa bolandaky häsiýetlerini ýüze çykýarlar.

**Ikinji ýagdaýda** beýle däl, çünki molekulalar özara täsirleşip ýylylyk çykaryp ýa-da kabul edip bilýärler, täze birleşmeler emele getirýärler we ş.m. Netijede suw bilen **gidratasiýa**, beýleki suwukluklar bilen, hadysalary bolup geçýär. Şeýle hem bu erginleri olaryň käbir häsiýetleriniň üýtgemegi netijesinde bolup geçýän hadysanyň üsti bilen öwrenýärler.

Geliň indi birinji ýagdaýa degişli ýönekeý iki A+B komponentlerden durýan sistemanyň doýgun bugunyň basyşyna seredeliň. Ýagny ol maddalar özara täsirleşmeýän bolsunlar. Goý olaryň ikisi-de uçýan bolsun. Onda olaryň bugunyň umumy basyşy “p” olaryň parsial basyşlarynyň jemine deň bolar:

$$P = p_A + p_B \quad (6)$$

Onda Genriniň kanunyna laýyklykda her komponentiň parsial basyşy onuň mol bölegine proporsionaldyr (hemişeli temperaturada). Ýagny:

$$P = K_A \cdot N_A \quad \text{we} \quad P_B = K_B \cdot N_B$$

Komponentleriň arassa halyndaky parsial basyşlaryň üsti bilen aňladylandaky doýgun bugunyň basyşy deňdir:

$$\begin{aligned} P_A &= N_A \cdot P_A^0 \\ P_B &= N_B \cdot P_B^0 \end{aligned} \quad (7)$$

Bu ýagdaýda  $K=1$  we  $N_A+N_B=1$

Onda bulary (6) formula goýsak alarys:

$$\begin{aligned} P &= N_A \cdot P_A^0 + N_B \cdot P_B^0 \\ N_A &= 1 - N_B \end{aligned}$$

Onda

$$\boxed{P = P_A^0 + N_B (P_B^0 - P_A^0)} \quad (8)$$

**Mysal:** Benzolyň toluol bilen garyndysynda (7) we (8) gatnaşyklar boýunça bugyň basyşy oňat beýan edilýär.  $70^\circ\text{C}$ -da arassa benzolyň doýgun bugunyň basyşy  $P_{C_6H_6}^0 = 547,4 \text{ mm sim.süt}$ , toluolyňky,  $P_{C_6H_5CH_3}^0 = 2002 \text{ mm sim.süt}$  bolsa umumy we parsial basyşlary kesgitlemeli.



Toluolyň konsentrasiýasy  $P_{C_6H_5CH_3}^0 = 0,20$  mol bölekde, onda benzolyňky 0,80 mol bölek.

**Çözgüdi:** Berlen maddalaryň parsial basyşlaryny (7) formulalar boýunça tapýarys:

$$P_{C_6H_6} = 0,8 \cdot 547,4 = 437,9 \text{ mm sim.süt.}$$

$$P_{C_6H_5CH_3} = 0,2 \cdot 2002 = 400,4 \text{ mm sim.süt.}$$

Onda umumy basyş deňdir:

$$P_{\text{umumy}} = 437,9 + 400,4 = 838,3 \text{ mm sim.süt.}$$

Ý a-da (8) formula boýunça:

$$\begin{aligned} P &= 547,4 + 0,2 (2002 - 547,4) = 547,4 + 0,2 \cdot 1454,6 = \\ &= 547,4 + 290,9 = 838,3 \text{ mm sim.süt.} \end{aligned}$$

## Tema № 11

### İşjeňlik we işjeňlik koýeffisiýenti (aktiwlik we aktiwlik koýeffisiýenti)

İşjeňlik (has takygy termodinamiki işjeňlik) diýlip termodinamiki ululyklar bilen bagly bolan konsentrasıanyň aňladylyşynyň işjeň görnüşine aýdylýar. Çünki erginlerde eredilen maddalaryň molekulalarynyň dissosıasıyasynyň we emele gelýän ionlaryň özara täsirleşmesi netijesinde olaryň işjeňligi gowşak ideal erginlerden tapawutlanýarlar. Şonuň üçin işjeňlik erginiň komponentiniň görnüşine, konsentrasıasyna, temperatura we basyşa baglydyr. Şeýle häsiýetlere izobar potensial, parsial basyş, doňmak we gaýnamak temperaturalar, himiki reaksiýanyň deňagramlylygynyň hemişeligi degişlidir. Şonuň üçin aktiwlik bilen şu häsiýetleri baglaşdyrýan ýagdaýlarda konsentrasıanyň deregine aktiwlik goýulýar. Aktiwlik şeýle aňladylýar:

$$\alpha_i = \gamma_i \cdot N_i$$

$\gamma_i$ - aktiwlik koýeffisiýenti

$N_i$ - konsentrasıya, mol böleklerde.

Ergindäki “i” komponentiň aktiwligi “ $\alpha_i$ ” berlen temperaturada himiki potensial “ $\mu_i$ ” bilen şeýle baglanyşykda:

$$\mu_i = G_i + RT \ln \alpha_i \quad (1)$$

$G_i$  – komponentiň şol bir temperaturadaky izobar potensialy. (onuň arassa ýagdaýyndaky).

**Mysal:** 0,042 mol bölek spirt saklaýan etil spirtiniň üstündäki suw bugunyň parsial basyşy  $P_{\text{H}_2\text{O}} = 16,8$  mm sim.süt.(20°C). Bu temperaturada arassa suwuň bugunyň basyşy  $P_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 17,5$  mm sim.süt.

Şu erginde suwuň aktiwligini we aktiwlik koýeffisiýentini kesgitlemeli. Tapylan aktiwlik koýeffisiýenti ulanyp şu erginiň doňmak temperaturasyny hasaplamaly.

**Ç özgüdi:** 
$$\alpha_i = \frac{P_i}{P_i^0}$$

formulany ulanyp suwuň aktiwligini kesgitleýäris:

$$\alpha_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{16,8}{17,5} = 0,960$$

Erginde suwuň mol bölegi deňdir:

$$1,000 - 0,042 = 0,958$$

Onda aktiwlik koýeffisiýenti deňdir:

$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\alpha_{\text{H}_2\text{O}}}{N_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0,960}{0,958} = 1,002$$

Erginiň doňmak temperaturasyny kesgitlemek üçin ilki spirtiň molýal konsentrasiýasyny tapýarys.

0,042 mol spirt 0,958 mol suwa degişli ýa-da  $0,958 \cdot 18,01$  g suwa = 17,25 g suwa.

Onda proporsiýa boýunça molýallyk deňdir.

$$0,042 \text{ mol spirt} - 17,25 \text{ g suwa}$$

X mol spirt – 1000 g suwa

Bu ýerden:

$$X \text{ molýallyk} = \frac{0,042 \cdot 1000}{17,25} = 2,43 \text{ mol/1000 gr H}_2\text{O}$$

Suwuň krioskopik hemişeligi  $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,859$  ulanyp erginiň doňmak temperaturasynyň peselmegini

$$\Delta T_{\text{doňmak}} = K \cdot C$$

formula boýunça tapýarys:

$$\Delta T_{\text{doňmak}} = 1,859 \cdot 2,43 = 4,52^0$$

Onda erginiň doňmak temperaturasy şeýle:

$$\Delta T_{\text{doňmak}} = \Delta T_{\text{doňmak}}^{\text{suw}} - T_{\text{doňmak}}^{\text{ergin}}$$

Bu ýerden:

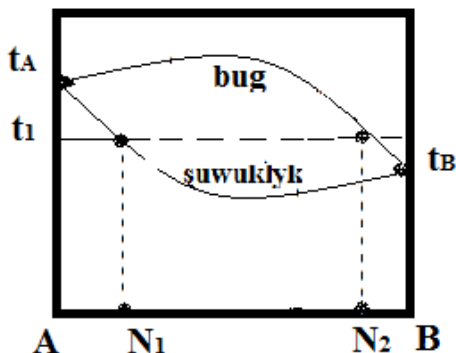
$$T_{\text{doňmak}}^{\text{ergin}} = T_{\text{doňmak}}^{\text{suw}} - \Delta T_{\text{doňmak}} = 0 - 4,52 = - 4,52$$

### **Erginleriň gaýnama temperaturasy we onuň diagrammalarda aňladylyşy**

Munda erginleriň gaýnamagyna şol bir meňzeş temperaturada däl- de, eýsem meňzeş basyşda seretmek amatly. Eger iki suwuklygyň bugarmagy öwrenilse, onda olaryň biri pes temperaturada, beýlekisi onda ýokary temperaturada gaýnar. Diýmek olaryň haýsynyň bugunyň basyşy ýokary bolsa şol suwuklyk pes temperaturada gaýnar.

Adatça ikili garyndylaryň gaýnamak temperaturasyny “düzüm- gaýnamak temperaturasy” atly diagrammalarda

aňladýarlar. Goý A we B suwuklyklaryň diagrammasy şeýle bolsun:



Şunda:  $t_A$  – arassa A maddanyň gaýnamak temperaturasy  
 $t_B$  – arassa B maddanyň gaýnamak temperaturasy

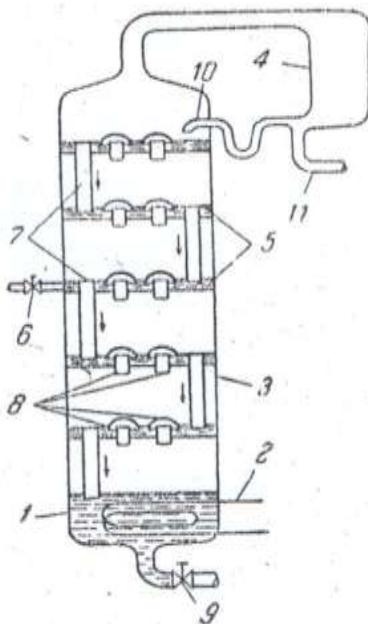
Aşaky egri suwuklygynyň düzümi, ýokarky egri buguň düzümi.

Ýagny  $t_1$  temperaturada  $N_1$  düzümlü suwuklygyň gaýnamak temperaturasynda onuň bugunyň düzümi  $N_2$  bolýar.

Suwuklygyň egrinişiniň aşaky meýdany dürli düzümlü erginleriň gaýnamak temperaturasyny aňladýar. Buguň egrisiniň ýokarsyndaky meýdan bolsa buguň düümini aňladýar. Iki egriniň arasyndaky meýdan geterogen sistema bolup suwuklyk bilen buguň deňagramlylykdaky düzümini aňladýar. Dürli suwuklyklaryň dürli temperaturalarda gaýnamak temperaturasyna esaslanyp olaryň garyndylaryny bölmek mümkin. Muňa olaryň buglaryny **kowmak** ýa-da **distillýasiýa** diýilýär. Ýöne käbir suwuklyklar belli bir temperatura baransoň, olar bölünmäni kowulýarlar. Şonda emele gelen bölünmeýän garynda **azeotrop** garyndy diýilýär. Meselem,

atmosfera basyşy astynda kowlanda suw + etil spirti ergini  $78,13^{\circ}\text{C}$  –de 95,57% etil spirtini saklaýan azeotrop erginini emele getirýär.

Käbir organiki azeotrop garyndy emele getirmeýän suwuklyklaryň, meselem nebitiň yzygider gyzdyrylyp kowulmagyna **rektifikasiýa** diýilýär. Olaryň amala aşyrylýan enjamyna bolsa **rektifikasiýa kolonnasy** diýilýär. Olardan iň köp ulanylýany **tarelkaly** kolonnalar. Onuň işleýşi suratda getirilen.



### **Rektifikasiýa kolonnasy**

Desga 3 esasy bölekden durýar: gazan (1), gyzdyryjy (2), rektifikasiýa kolonnasy (3), kondensator (4). Kolonna birnäçe gorizontaly ýerleşdirilen tarelkalardan durýar (5). Distillýasiýa edilýän ergin, meselem nebit,

gyzdyrylýar (ýörüte daşarky peç bilen) we kolonnanyň ortasynda ýerleşýän kran (6) bilen tarelka berilýär, we akym geçelgeleri (7) bilen aşaky tarelkalara düşýär. Bu tarelkada suwuklyk ýokary göterilip gelýän bug bilen sataşýar (8 trubkalar boýunça). Ol trubkalarda bug bilen suwuklyga kontakt döredýän kolpaçoklar bolýar. Şonda pes bugarýan suwuklyk aşak, gowy bugarýan suwuklygyň bugy ýokary göterilýär. Bu proses her tarelkada gaýtalanýar we iň soňunda kolonnanyň ýokarsynda iň ýeňil gaýnaýan komponentiň bugy çykýar we kondensatorda (4) suwuklyga öwrülýär. Onuň bir bölegi (flegma) ýokarky (10) trubka arkaly kolonnanyň ýokarsyna berilýär, beýleki bölegi (11) trubka boýunça ýygnaýjy önüm gabyna barýar. Kolonnanyň iň aşagyndan (kran 9) agyr suwuklyk akidilýär.

Şu usul boýunça nebiti kowmak arkaly birnäçe ýangyç önümleri alynýar. Olar esasan şular: benzin, kerosin, gazoýl, mazut, ýaglar, gudron alynýar. Öňümde uglerodyň sany näçe az bolsa, ol şonça ýeňil bolýar. Şeýle bolansoň nebitiň uzyn molekulalaryny dargadyp, kiçi molekulalara hem öwürüp bolýar. Bu hadysa kreking diýilýär. Meselem, setandan ( $C_{16}H_{34}$ ) kreking arkaly 2 sany oktan ( $C_8H_{18}$ ) alyp bolýar. Kreking termiki we katalitiki usullar bilen amala aşyrylýar. Bilşimiz ýaly biziň ýurdumyzda nebiti şeýle usul bilen gaýtadan işleýän zawodlar Türkmenbaşy we Seýdi şäherlerinde ýerleşýär. Bu siziň öz hünäriňiz, şonuň üçin geljekde olarda siz hem işlärsiňiz.

## Tema № 12

# Fazalar, komponentler, termodinamiki erkinlik derejesi hakynda düşüňjeler

## Gibbs fazalar düzgüni

### Bir komponentli sistemalar.

### Klaýpeýron – Klauzius deňlemesi.

**Faza** bu sistemanyň gomogen bölekleriniň jemi bolup, birmeňzeş himiki düzümler we fiziki häsiýetlere eýe bolan we sistemanyň beýleki böleklerinden göze görünýän üst araçägi bilen bölünýär. Meselem, suwda galkyp ýören buz bölekleri bir fazany düzýär.

Sistemanyň düzümine girýän we ondan bölüp çykaryp bolunýan hem-de sistemanyň daşynda özbaşdak bolup bilýän maddalara **sistema düzüji** maddalar diýilýär.

Meselem NaCl duzynyň suwdaky ergininde NaCl we suw düzüji maddalardyr, çünki olary özbaşdak erginden çykaryp bolýar. Emma erginde NaCl hakykatda  $\text{Na}^+$  we  $\text{Cl}^-$  görnüşde bolýar, olaryň hersini aýratyn çykaryp bolmaýar we şonuň üçin ol ionlar düzüji maddalar däldir.

**Komponentler** – bular sistemada islendik fazany gurmaga mümkinçilik berýän sistema düzüjileriň sanydyr. Ol komponentleriň sany şeýle kesgitlenýär. Eger sistema girýän maddalar özara täsirleşmeýän bolsalar, onda komponentleriň sany sistemany düzüjileriň sanyna deňdir. Meselem wodorodyň, geliýniň, argonyň garyndysynda komponentleriň sany 3 deňdir. Eger-de sistemada ony düzüjiler özara täsirleşýän bolsalar, onda komponentleriň sany azalýar. Ol azalma, faza emele getirýän maddalaryň



konsentrasiýalaryny baglaşdyrýan deňlemeleriň sanyna deňdir.

Meselem özara täsir edişýän şu reaksiýada ol şeýle:



Goý, üç maddanyň hem başdaky konsentrasiýalary erkin diýeliň. Onda bu sistemada komponentleriň sany  $3 - 1 = 2$  deň bolar. Çünki bu reaksiýada maddalaryň 2-si gaz halynda we olaryň konsentrasiýalary 1 himiki deňleme bilen baglanşykly.

Umuman, himiki täsirleşýän maddalaryň sistemasynda komponentleriň sany sistemany düzüji maddalaryň sanyndan azdyr.

Termodinamiki taýdan faza görkezijileri häsiýetlendirýän düşünjeleriň biri-de **erkinlik derejesiniň sanydyr**. Ol sistemanyň wariantlylygyny häsiýetlendirýär. Ýagny sistemada deňagramly fazalaryň sanyny üýtgetmän islendik garaşsyz parametrleriň (basyş, temperatura we konsentrasiýa) üýtgedilip bilinjek sanyny aňladýar. Şuňa baglylykda sistemalar monowariantly (erkinlik derejesiniň sany  $C=1$ ), diwariantly ( $C=2$ ) we ş.m.

Termodinamikada fazalar şu ululyklar bilen aňladylýar we baglaňdyrylýar:

$\phi$  – fazalar sany;

$K$  – komponentleriň sany;

$C$  – erkinlik derejesiniň sany;

Bu ululyklaryň baglaňsygy Gibbsiň (1876) deňlemesi boýunça matematiki taýdan şeýle aňladylýar.

$$C + \phi = K + n$$

$N$  – daşky faktorlaryň sany

Bu ýerden

$$C = K - \phi + n$$

(1)

Erkinlik derejesiniň sany  $C$  biri – birine bagly bolmazdan üýtgäp biljek faktorlaryň iň köp sanyny aňladýar. Bu şu faktorlar: temperatura, basyş, konsentrasiýa.

(1) aňlatma **fazalar düzgüni** diýilýär. Egerde daşarky faktorlardan diňe temperatura we basyş üýtgeýän bolsa  $C$  deň

$$C = K - \phi + 2$$

(2)

Bu deňlemeden görünýär: komponentleriň sanynyň ( $K$ ) ulalmagy bilen  $C$  ulalýar, fazalaryň sanynyň ( $\phi$ ) artmagy bilen bolsa ol kiçelýär.

“ $C$ ” otrisatel bolup bilmez, şonuň üçin şeýle aňlatma hem ulanylýar:

$$\phi \leq K+2$$

Sistemalar birlfazaly, ikifazaly, üç fazaly..... birkomponentli, ikikomponentli we ş.m. bolup bilýärler.

**Mysal:** suwdan we  $\text{NaCl}$  – den durýan sistemada onuň bilen deňagramlylyk halynda iň köp fazalar sanyny kesgitlemeli.

**Ç özgüdi:** Bu sistemada 2 komponent bar. Onda  $C=2- \phi+2$ . Iň köp fazalar sany iň az erkinlik derejesiniň sanyna ( $C$ ) laýyk gelýär. “ $C$ ”-niň otrisatel san bolup bilmeýänligi üçin onuň iň kiçi mümkin bolan sany  $C=0$ .

Ý agny:

$$C=4 - \phi$$

$$O=4 - \phi$$

$$\phi =4$$

bu şert haçan-da NaCl ergini suwda bir wagtda buz, gaty duz we suw bugy bilen deňagramlylykda bolanda kanagatlandyrylýar. Bu ýagdaýda sistema wariantsyz, ýagny bu ýagdaý diňe berk kesgitli temperaturada, basyşda we erginiň konsentrasiýasynda gazanylýar.

**Birkomponentli sistemalar.** Bu iň ýönekeý sistemadyr. Munda

$$C = K - \phi + 2$$

boýunça  $K=1$  bolanda

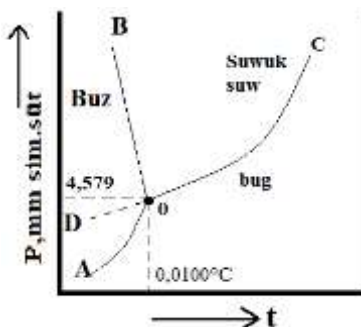
$$C = 1 - \phi + 2 = 3 - \phi \text{ bolýar.}$$

Diýmek fazalar sany 3-e çenli bolup biler. Çünki ýokarda belleýşimiz ýaly  $\phi < 0$

Onda birfazaly, ikifazaly we üç fazaly sistemalar üçin degişlilikde bolup biler:  $C=2$ ;  $C=1$  we  $C=0$ .

Sistemanyň ýagdaýynyň daşarky şertlere ýa-da sistemanyň düzümine baglylygyny aňladýan diagramma **ýagdaý diagrammasy** ýa-da **faza diagrammasy** diýilýär. Bu diagrammalar tejribede alnan maglumatlar esasynda gurulýar.

Meselem suwuň ýagday diagrammasy (suratda)



Munda OC ergisi suwuk suwuň doýgun bugunyň basyşynyň temperatura baglylygyny aňladýar. OA ergisi buzuň doýgun bugunyň basyşynyň temperatura baglylygyny we OB suwuň doňmak temperaturasynyň daşky baglylygyny aňladýar.

Şu üç egriler diagrammany şeýle meýdanlara bölýär: bug, suwuk we buz agregat ýagdaýlary.

Egrileriň özleri bolsa degişlilikdäki iki fazanyň arasyndaky deňagramlylygy aňladýar: suwuk-bug (OC egrisi); buz-bug (OA egrisi) we buz – suwuk (OB egrisi). 0 – nokady bolsa üç fazanyň arasyndaky deňagramlylygyň şertini bir wagtda aňladýar – bug, buz we suwuk suw arasyndaky. Ol nokada başgaça **üçleýin nokat** hem diýilýär. Bu ýagdaýda  $C=0$ . Bu ýagdaýda  $t=0,0100^{\circ}\text{C}$  we  $P=4,579$  mm sim.süt. laýyk gelýär. Punktir bilen görkezilen OD ergisi, ol “OC” ergisiniň dowamy bolup aşasowadylan suwuň durnuksyz (metastabil) deňagramlylygyny aňladýar.

Şu getirilen ululyklarynyň islendiginiň üýtgemegi bir ýa-da iki fazanyň ýok bolmagyna getirýär.

Meselem hemişelik basyşda temperaturanyň peselmegi sistemanyň buz ýagdaýyna getirýär. Hemişelik basyşda temperaturanyň ýokarlanmagy sistemany bug ýagdaýyna getirýär.

Emma temperaturany we basyşy hiç hili üýtgetmäni üç fazany hem saklamak mümkin däl.

## Tema № 13

### Iki komponentli ulgamlaryň ýagdaýynyň diagrammalary.

#### Fiziki-himiki analiz. Termiki analiz.

Erginlerden maddalaryň kristallaşmasy erginiň düzümine baglylykda belli bir temperaturada başlanýar we tamamlanýar. Bu bolsa ýörite diagrammalar bilen aňladylýar. Olaryň kömegi bilen metal splawlarynyň, silikat ulgamlaryň, duzlaryň suw erginleriň sistemalary öwrenilýär. Bu diagrammalara ýagdaý ýa-da faza diagrammalary diýilýär. Muny A we B komponentlerden durýan ikili sistemalarda göreliň. Ol maddalaryň arassa halyndaky eremek temperaturalary  $t_A$  we  $t_B$ . (**surat 1**). Suratdan görnüşi ýaly ikili sistemanyň düzüminiň üýtgemegi bilen A we B maddalaryň kristallaşma temperaturasy barha peselýär. Şonda emele gelýän egrilere likwidus diýilýär. Şol likwiduslaryň kesişýän nokadyna ewtektikanokady diýilýär. Kristallaşmanyň ahyrynyň temperaturalarynyň egrisine solidus diýilýär.

**Surat 2**-de. A we B maddalaryň düzüminiň üýtgemegi bilen olaryň temperaturasynyň peselmeginde döreýän gorizonta! uçastoklar getirilen. Şol gorizonta! uçastokda temperaturanyň peselmeginiň öwezini suwuň doňmagynda döreýän ýylylyk doldurýar. Şeýle sowadylma usuly bilen alnan egrilere sowadylmanyň egrileri diýilýär. Oňa ters bolan ugurda alnan egrilere bolsa (ýagny gyzdyrylanda) gyzdyrmanyň egrileri diýilýär.

**Termiki analiz.** Kristallik we suwuk fazalar arasyndaky deňagramlylygy kesgitlemegiň dürli usullary bar. Bu ulgamlarda temperaturanyň peselmegi bilen maddanyň barha kristallaşmasy dowam edýär. Meselem suwuň temperaturasynyň peselmegi  $0^{\circ}\text{C}$  çenli dowam edýär we bu temperaturada buza öwrülýär.

Umuman termiki analiz bu- gyzdyrylanda ýa-da sowadylanda temperaturanyň üýtgemeginiň öwrenilmegidir.

**Ryçag diagrammasy we düzgüni.** Ýagdaý diagrammasy diňe deňagramly fazalary we olaryň düzümini kegitlemäni, eýsem her fazanyň agram mukdaryny hem kesgitlemäge mümkinçilik berýär. Geliň şu aşakdaky diagramma seredeliň (**surat 3**).

Eger-de “B” komponentiň  $X_0$  mol bölegini saklaýan “ $\alpha$ ” rasplawda ýylylyk aýrylyp başlansa, onda  $t_1$  temperaturada “A” maddanyň kristallary bölünip çykyp başlaýar. Temperaturanyň barha peselmegi bilen “A” maddanyň kristallarynyň mukdary barha köpeliýär, emma suwuk rasplawyň mukdary azalýar.  $t_2$  temperaturada “g” A kristallar we “h” rasplaw deňagramlylykda bolýarlar we onda “B” komponentiň mol bölegi  $X_1$  bolýar.

Şonda  $t_2$  temperaturada her fazanyň mukdary näçe bolýar. Goý “A” kristallaryň we rasplawyň massasy 1 bolsun. Rasplawa düşýän umumy sistemanyň bölegini “m” diýip belgiläliň, “A” kristallaryň bölegini bolsa 1-m diýip aňladalyň. Şonda “ $\ell h$ ”bölek “h” rasplawda B komponentiň agram bölegini ýa-da prosent mukdaryny aňladýar.

Başdaky rasplawda “B” komponentiň mukdary “ $X_0$ ” deň. “h” rasplawda “B” komponentiň mukdary  $m\ell h = mX_1$ . Sowadylanda  $t_2$  temperatura çenli “B” komponent bölünip

çykmaýar we onuň mukdary rasplawda üýtgemeyär. Onda ýazmak mümkin:

$$X_0 = mX_1$$

Ol ýerden:  $m = \frac{X_0}{X_1};$  (1)

$$1-m=1-\frac{X_0}{X_1}=\frac{X_1-X_0}{X_1};$$
 (2)

$$\frac{m}{1-m} = \frac{X_0}{X_1} \cdot \frac{X_1}{X_1-X_0} = \frac{X_0}{X_1-X_0};$$
 (3)

(1) deňlemäni (2) deňlemä bölüp ýazyp alarys:

Ýagny rasplawyň we kristallik fazanyň mukdarlary özaralarynda “lg” we “gh” kesikleriň uzynlyklary ýaly gatnaşýarlar:

$$\frac{\text{rasplawyň massasy } (m)}{\text{kristallaryň massasy } (1-m)} = \frac{l \cdot g}{g \cdot h}$$
 (4)

Şu gatnaşyga **ryçagyň düzgüni** diýilýär. Eger- de kristallaryň we rasplawyň mukdary “M” bolsa onda (4) formula bolýar:

$$\frac{m \cdot}{M-m} = \frac{lg}{gh}$$
 (5)

Bu düzgün aýratyn fazalaryň massalaryny hasaplamakda giňden ulanylýar. Emma ol diňe düzüm agram böleklerinde ýa-da prosentlerde aňladylanda ulanylyp bilner:

**Mysal:** Diagrammada “lg” we “gh” kesimleriň uzynlyklary rasplawyň we kristallaryň massalaryny häsiýetlendirýärler we 1:4 gatnaşygynda bolýarlar. Splawyň massasy  $M = 100$  g. Tapmaly bölünip çykan kristallaryň mukdaryny.

**Çözüdi:**

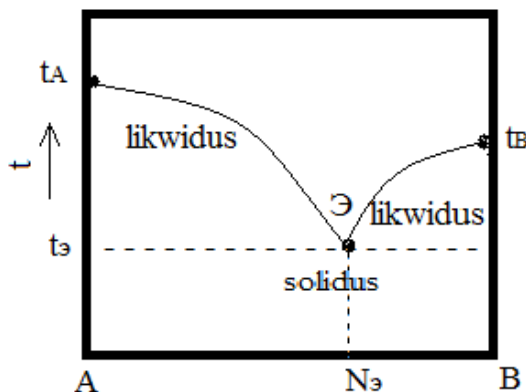
$$\frac{m}{M-m} = \frac{1}{4}$$

$$4m = M - m$$

$$5m = M$$

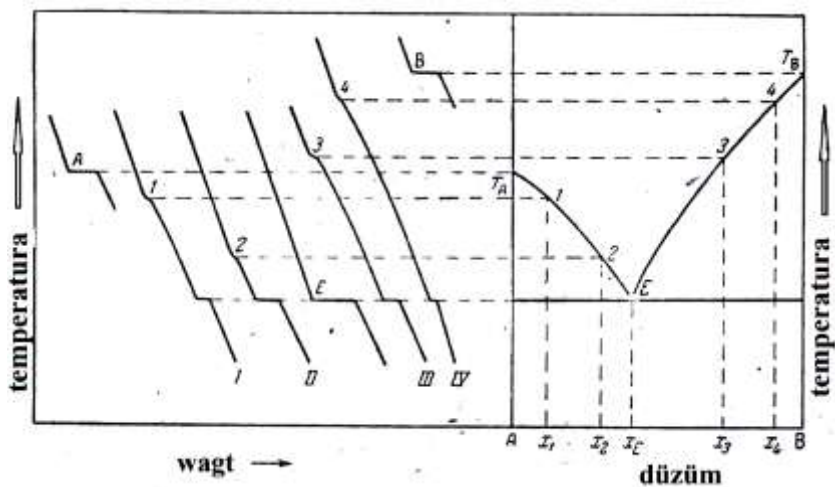
$$m = \frac{M}{5} = \frac{100}{5} = 20 \text{ g.}$$

Kristallaryň mukdary deňdir:  $100 - 20 = 80$  g.

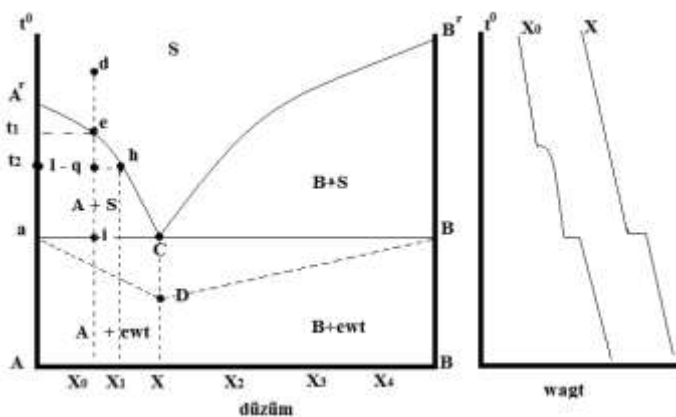


**Surat 1**  
Ikili sistemanyň ýagdaý diagrammasy





**Surat 2**  
**Sowatma egrileri boyunca ereýjiligiň diagrammasy**



**Surat 3**  
**Bir ewtektikalý ikikomponentli sistemanyň diagrammasy**

## Tema № 14

# Üçkomponentli sistemalaryň şekillendirilişi Gibbsiň üçburçlygy. Ekstraksiýa

Häzirki wagtda üçkomponentli sistemalary grafiki aňlatmanyň dürli usullary ulanylýar. Olardan Gibbsiň üçburçlygy diýilýän has köp ulanylýar. Munuň üçin deňtaraply üçburçlyk gurulýar. Onuň üç depesi bolýar (**surat 1**). Meselem A; B; C depeler. Her depe (tarap) 10 sany deň bölege bölünýär. Şol bölünmelerden her tarapa parallel çyzyklar geçirilýär. Üçburçlygyň her nokadyna bir kesgitli düzüm degişli bolýar. Üçburçlygyň A, B we C depeleri olaryň arassa mukdaryny, her tarap bolsa ikili sistemany aňladýar. Sistemanyň düzümi agram ýa-da mol prosentlerde, ýa-da mol böleklerde aňladýarlar. Üçburçlygyň beýikligi 1 ýa-da 100% diýlip kabul edilýär. Üçburçlykdan şeýle peýdalanylýar. Islendik iki beýiklikde degişli komponentleriň mol bölegi ýa-da prosent görnüşinde olaryň mukdary goýulýar. Şol beýikliklerden alnan kesimlerde arassa komponente degişli bolan depäniň garşysynda ýatan tarapa parallel bolan çyzyklar geçirilýär. Şol çyzyklaryň kesişýän nokady komponentleriň düzümini aňladýar.

Üçburçlygyň içindäki islendik nokat **P**, boýunça alnan kesimleriň **Pa**, **pb**, **pc** jemi üçburçlygyň tarapyna deň. Diagrammada kesim **Pa** deňdir bC kesime we ol 30% **A** komponentiň mukdaryna deňdir. Kesim **pb = cA** bolsa 50% B aňladýar. Kesim  $p_c = aB$  20% C-ny aňladýar. Diýmek üçkomponentli sistemanyň diagrammasyny

aňlatmak üçin, üçburçlygyň iki tarapynda komponentleriň mukdaryny tapyp, soňra degişli parallel çyzyklary geçirmek ýeterlikdir. Olaryň kesişýän nokady üçkomponentli sistemanyň düzümini aňladýar. Biziň ýokardaky diagrammanyň düzümi şeýle:

30% A; 50% B; 20% C.

### **Ekstraksiýa.**

Ekstraksiýa bu erginden eredilen maddany başga bir eredijiniň (ekstragentiň) kömegi bilen çykaryp almakdyr. Bu usul himiýada we senagatda giňden ulanylýar. Onuň kömegi bilen erginlerden zyýanly ýa-da peýdaly maddalary çykaryp almak mümkin. Bu usulyň esasy görkezijisi **paýlanýş koýeffisiýentidir (K).**

Goý ekstraksiýa prosesinde eredilen madda öňki eredijide we ekstragentde degişlilikde şu konsentrasiýalarda bolsun:  $C_1$  we  $C_2$ .

Şonda 
$$C_1 = \frac{g_1}{v_1} \quad \text{we} \quad C_2 = \frac{g_0 - g_1}{v_2}$$

Bu ýerde:  $g_0 - v_1$  göwrüm erginde eredilen maddanyň mukdary, gr.

$g_1 - v_2$  göwrümlü ekstragent bilen ekstraksiýadan soňky galan eredilen maddanyň mukdary, gr.

Onda 
$$K = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{g_1}{v_1}}{\frac{g_0 - g_1}{v_2}} = \frac{g_1 v_2}{v_1 (g_0 - g_1)}$$

Bu ýerden: 
$$g_1 = g_0 \cdot \frac{kv_1}{kv_1 + v_2} \quad (1)$$

K – nyň manysy şeýle: iki garyşmaýan eredijilerde eremäge ukyply madda olaryň arasynda şeýle paýlanýar,

ýagny onuň konsentrasiýalarynyň şol iki eredijidäki gatnaşygy hemişelik temperaturada hemişelik ululykdyr we eredilen maddanyň mukdaryna bagly däl.

**Mysal:** 2 litr suwly ergin 0,02 g ýod saklaýar. Şol ergin 50 ml kükürtuglerod bilen ekstraksiýa edilende erginde näçe mukdar ýod galar?

1. Eger ekstraksiýany bir gezekde kükürtuglerodyň ähli mukdary bilen geçirilende?

2. Eger ekstraksiýa 5 gezekde bölekleyin 10 ml kükürtuglerod bilen geçirilende?

Iodyň paýlanyş koýeffisiýenti  $K$ :

$$K = \frac{C_{H_2O}}{C_{CS_2}} = 0,00167$$

**Çözüldi:**

1. Ýokardaky (1) formulany ulanmak arkaly 50 ml kükürtuglerod bir gezek ulanylanda galýan iodyň mukdary:

$$g_1 = 0,002 \frac{0,00167 \cdot 2000}{0,00167 \cdot 2000 + 50} = 0,00125 \text{ gr}$$

Ol başdaky ýodyň:

$$\frac{0,00125}{0,02} \cdot 100 = \frac{0,125}{0,02} = \frac{12,5}{2} = 6,25\% - y \text{ bolýar}$$

Bir gezek ekstraksiýada ýodyň  $100 - 6,25 = 93,75\%$  mukdary ekstragent bilen erginden çykarylýdyr.

2. Eger-de ekstraksiýa birnäçe tapgyrda geçirilende erginde galýan ýodyň mukdary şu formula boýunça kesgitlenilýär:

$$g_n = g_0 \left( \frac{Kv_1}{Kv_1 + v_2} \right)^n \quad (2)$$

N – ekstraksiýanyň tapgyrynyň sany

Onda biziň mysalymyzda:

$$g_5 = 0,02 \left( \frac{0,00167}{0,00167 \cdot 2000 + 10} \right)^5 = 0,0000195g$$

Bu başdaky ýodyň 0,1%-ny tutýar. Ýagny bu galyndy ýokardaky bir tapgyrdakydan 65 esse az. Netijede munda ýodyň erginden çykarylýp alnyşy  $100 - 0,1 = 99,90\%$  bolýar. Şeýle hem iki sany özara garyşmaýan eredijilere üçinji madda goşulanda, ol madda şol eredijilerde dürli konsentrasiýalarda paýlanýar. Meselem, ýodyň suw bilen hlorformyň arasyndaky paýlanyş koeffisiýentini  $K=130$ . Eger-de ýod saklaýan suwa hlorform goşulsa we oňat garyşdyrylsa we biraz saklansa, şonda deňagramlylykdan soň ýodyň konsentrasiýasy hloroformda suwuňka garanynda 130 esse ýokary bolar.

$$\text{Ýagny} \quad K = \frac{C_{\text{yodekstragntde (hloroform)}}}{C_{\text{yodsuwda}}} = \frac{130}{1} = 130$$

Konsentirlenen erginlerde paýlanyş koeffisiýenti hemişelik bolup galmaýar. Ýagny iki komponentli ergine köp mukdarda üçinji komponent goşulanda birinji iki komponentiň özara ereýjiligi üýtgeýär. Bu bolsa hatda gomogen, ýa-da üçgatlakly sistemanyň emele gelmegine getirýär.

Meselem, aseton, hloroform we suw üç komponentli sistemanyň alsak, aseton hloroform we suw bilen çäksiz

garyşýar. Şonda hloroform we suw saklaýan sistema aňeton goşulanda hloroform bilen suwuň özara ereýjiligi tä birmeňzeş garyndy emele gelyänçä artýar.

### **Suwuklyklaryň özara ereýjiligi.**

Käbir suwuklyklar bir-birinde düýbünden eremeýärler. Meselem suw-kerosin, suw – simap we ş.m. Tersine käbir suwuklyklar özara çäkli ereýärler. Meselem suw-anilin, suw-fenol, metil spirti-n-geksan we başgalar. Käbir suwuklyklar bolsa özara doly ereýärler. Biri-birinde absolýut özara eremeýän suwuklyklar ýok diýen ýaly, çünki azda – kände olar hem örän ujypsyz ereýärler.

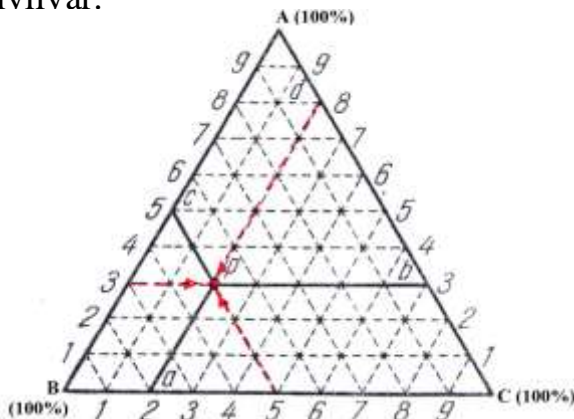
Geliň özara çäkli ereýän suwuklyklara seredeliň meselem suw-anilin sistemada. Ýagny şolaryň ikisini hem agzy ýapyk gaba ýerleşdirip oňat çaykap garyşdyrsak ahyry deňagramlylyk gazanylar. (hemişelik temperaturada we basyşda). Şonda 20°C – da geçirilen tejribede sistemanyň ýokary gatlagynda esasan suw bolup bary-ýogy 3,1% anilin saklapdyr. Ýagny anilin suwda örän az eräpdir. Emma temperaturanyň ýokarlanmagy bilen aniliniň suwda ereýjiligi artýar. Onuň grafiki diagrammasy aşakda görkezilen (**surat 2**). Şonda suwuk gatlaklaryň düzüminiň temperatura baglylygy getirilen. Emele gelen egri çyzyga **gatlaklaşmanyň çyzyklary** diýilýär. Çyzykda belli bir temperatura degişli nokatlar şol gatlaklaryň düzümini aňladýar. Şol deňagramly nokatlary birleşdirýän çyzyga **noda** ýa-da **konoda** diýilýär ( $A^I$  -  $A^{II}$  çyzygy).

Bu sistemada 168°C – den ýokary temperaturada suw bilen anilin bir birlerinde islendik gatnaşykda eräp bilýärler we oňa eremaniň **ýokarky kritiki tepmeraturasy diýilýär.** (W.F. Alekseyew). Tersine käbir sistemalarda

temperaturanyň peselmegi bilen özara eremeklik artýar. Meselem **suw-dietilamin** sistemasy. Munda iň aşaky temperaturadan pes temperaturada doly özara eremeklik islendik düzümde bolup bilýär. Şol aşaky temperatura **eremaniň aşaky kritiki temperaturasy** diýilýär.

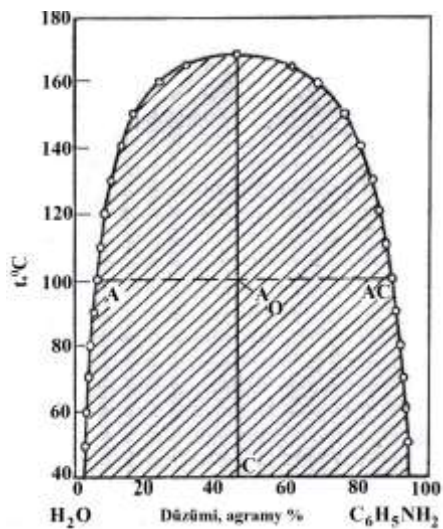
Käbir sistemalar, meselem **suw-nikotin** sistemasynda temperatura beýgelende hem-de peseldilende doly özara eremeklik gazanylýar.

Käbir ýagdaýlarda birmeňzeş suwuk garynda üçinji madda goşulanda olar iki gatlagga bölünýärler. Meselem suw-spirt erginine  $K_2CO_3$  goşulsa ol arassa etil spirtli we  $K_2CO_3$  suw ergini bolan gatlagga bölünýär. Şunuň ýaly suwuklygyň iki ýa-da birnäçe gatlaglara bölünmegine **likwasiýa** diýilýär.



**Surat 1.**  
**Gibbsiň üçburçlygy**

P-nokadynyň düzümi:  
30% A-komponent  
50% B-komponent  
20% C-komponent



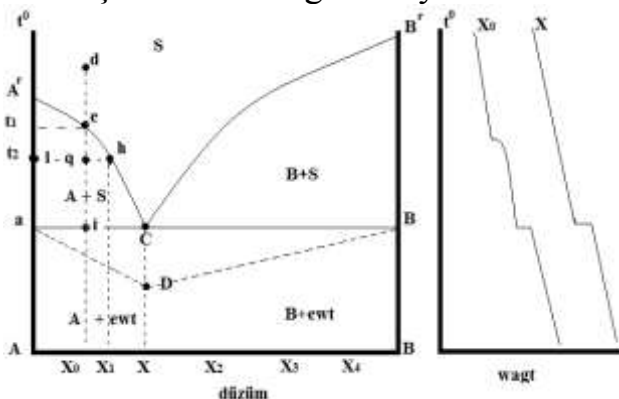
**Surat 2.**  
**Suwuň we analiziň özara ereýjiligi**  
**(W.F.Alekseyewiň maglumatlary boýunça)**



## Tema № 15

# Bir ewtektikaly ikikomponentli sistemanyň ýagdaý diagrammasy (gaty erginsiz we himiki birleşmesiz).

Bu sistemalarda komponentler suwuk ýagdaýynda birbirinde çäksiz ereýärler. Ýöne olar gaty halda eremeýärler we himiki birleşmeler emele getirmeýärler.



Surat 1.

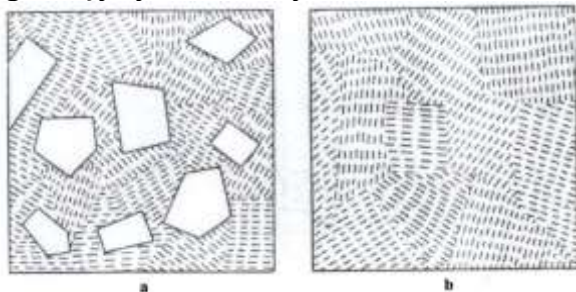
Bir ewtektikaly ikikomponentli sistemanyň diagrammasy

Onuň tipiki diagrammasy aşakda şekillendirilen. Onda  $A^I C-A$  maddanyň kristallaşmasyň başlanmasyň temperaturalar egrisi.  $B^I C$ – bolsa  $B$  maddanyňky.  $A^I C$  we  $B^I C$  çyzyklara likwidus egrileri diýilýär (liquid- suwuk). Likwidusyň her nokady temperatura bilen rasplawyň konsentrasiýasynyň baglanyşygyny aňladýar, ýagny şol temperaturadaky komponentleriniň biriniň kristallarynyň rasplaw bilen deňagramlylygyny  $a b$  çyzyk bolsa solidus çyzygy diýilýär. (solid- gaty). Nokat Cewtektiki nokat ýa-

da ýöne **ewtektika** diýilýär. Ewtektikanyň düzümi **X** nokat bilen kesgitlenýär. Suwly duz sistemalarda ewtektika **kriogidrat, C-** bolsa **kriogidrat nokat** diýilýär. Geliň diagramma meýdanlarynyň fiziki manysyna seredeliň. **A<sup>I</sup> C B<sup>I</sup>** egrilerden ýokarda suwuk ergin- rasplawlaryň bir fazaly uçastogy ýatýar (S). B meýdanda alnan islendik nokatda, meselem **d**, sistema iki erkinlik derejesine eýe:  $f = 2 + 1 - 1 = 2$ . Diýmek käbir çäklerde birwagtda temperaturany we komponentleriň prosent gatnaşyklaryny üýtgetmek mümkin we sistema bir fazaly bolup galýar. **A<sup>I</sup> C a A<sup>I</sup>, B<sup>I</sup> C b B<sup>I</sup>** we **A a b B A** diagrammanyň meýdanlary ikifazalydyrlar. Şol ikifazaly uçastoklarda ýatýan nokatlarda sistema 1 erkinlik derejesine eýe:  $f = 2 + 1 - 2 = 1$ . B ýagdaýda diňe bir parametri üýtgetmek mümkin. Ý agny ýa temperaturany ýa-da **C<sub>1</sub>** ýa-da **C<sub>2</sub>** konsentrasiýalaryň birini. Meselem biz komponentiň prosent mukdaryny üýtgetsek, onda hemişelik basyşda şol komponentiň rasplawdan kristallaşmasynyň temperaturasy kesgitli bolýar we ol düzümiň funksiýasy bolýar. Temperatura peseldilende sistemanyň ýagdaýy birentek nokatlar bilen häsiýetlendirilýär. Ol nokatlar **d** nokatdan inderilen perpendikulýarda ýatýarlar.

Nokat **e** birfazaly sistema degişli, emma kristallaşmanyň başlanmasynyň temperaturasynda ýerleşýär. Temperaturanyň sähelçe üýtgemegi **A** maddanyň ilkinji kristallarynyň emele gelmegine getirýär. Şol pursatdan başlap rasplaw **B** madda bilen baýlaşyp ugraýar. **A** maddanyň indiki kristallaryny çykarmak üçin temperaturanyň ýene- de peselmegi gerek. Bilşimiz ýaly, indiividual madda hemişelik temperaturada kristallaşýar, sebäbi kristallaryň emele gelmegi bilen rasplawyň düzümi

üýtgemeyär. A we B maddalardan rasplawda A maddanyň kristallary çykyp başlaýar. Munda rasplawyň düzümi üýtgeýär we ýene- de A maddanyň kristallarynyň emele gelmegi üçin temperaturany peseltmeli. Rasplaw sowadylanda temperaturanyň üýtgemegine degişli sowadyлма egrileriniň üsti bilen yzarlamak mümkin. Rasplaw e t<sub>2</sub> temperatura çenli sowadylanda **figuratiw** nokat e g ýagdaýasüýşer. Bu pursatda A kristallary bilen h rasplaw deňagramlylykda bolýar we onda A komponentiň molýar bölegi X<sub>1</sub> bolar. Ýylylygyň peselmegi bilen figuratiw e nokat i ýagdaýa geçer. Bu nokatda iki faza deňagramlylykda bolar- A kristallary we rasplaw. Onda erkinlik derejesiniň sany  $f=2+1-2=1$ . Eger ewtektiki garyndy kristallaşyp başlasa, deňagramly fazanyň sany üç bolar: X düzümlü rasplaw, A kristallary we B kristallary. Erkinlik derejesiniň sany  $f=2+1-3=0$ . Bu ewtektik garyndynyň gatamasy hemişelik temperaturada bolup geçýär, sebäbi rasplawyň düzümi üýtgemeyär. Gaty splawlaryň gurluşynyň shemasy: (**surat 2**)



**Surat 2.**

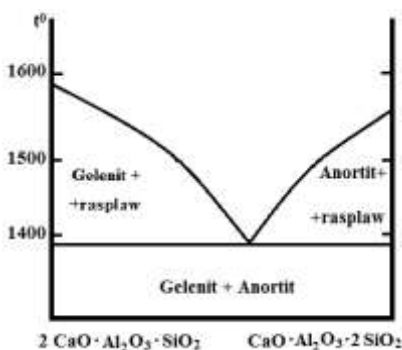
### **Splawlaryň gurluşynyň shemasy**

- a - A kristallaryň ewtektika bilen berkidilen ýagdaýda emele gelşi;
- b - ewtektikanyň gurluşy.

Kristallaşma gutaransoň iki faza deňagramlylykda bolýar: **A** we **B** kristallary. Erkinlik derejesiniň sany  $f=2+1-2=1$ . Şeýle ýagdaýy **X<sub>2</sub>**, **X<sub>3</sub>** we **X<sub>4</sub>** düzümlü rasplawlar üçin hem alarys.

Eger başdaky rasplaw düzümi boýunça ewtektikadan tapawutlanmaýan bolsa, onda ol sowadylanda birwagtda **A** we **B** kristallary bölünip çykýarlar we temperatura kristallaşma gutaryança hemişelik bolup galýar.

Iň ýönekeý binar splawlara Cd- Bi; Sb- Pb; Al-Si, LiCl-KCl, gelenit- anortit degişlidir (**surat 3**).



**Surat 3.**  
**Gelenit-anortit sisyemasynyň diagrammasy**

Komponentleri islendik otnositel mukdarda **garyşyk kristallary emele getirýän sistemalar**. Bularyň mysaly hökmünde **kümüş- altyn** sistemasy bolup biler. Olaryň diagrammalary beýlekilerden tapawutlanýarlar. Bularda ewtektika ýok. Olaryň **likwidus** we **solidus** egrileri komponentleriň ereme temperaturalaryny birleşdirýär. Ag- yň  $t_{\text{ereme}}=960,5^{\circ}$ ; Au- yň  $t_{\text{ereme}}=1063^{\circ}\text{C}$ .

Garyşyk kristallar (gaty erginler) üýtgeýän düzümlü gaty fazadyr. Bularda 0%- dan tä 100%-a çenli garyşyk kristallar emele gelýär. Bular ýaly häsiýeti himiki düzümi, gurluşy we ionlarynyň ýa-da molekulalarynyň möçberi boýunça örän ýakyn maddalar ýüze çykarýarlar. Eger kristallik birleşme eredilende şol bir düzümlü suwuklyk emele getirýän bolsa onda oňa **kongruent eremesi** diýilýär.

Eger-de ol eredilende dargaýan we başga düzümlü suwuklyk emele getirýän bolsa onda oňa **inkongruent** eremesi diýilýär. Soňky ýyllarda kristallik jisimleriň gurluşynyň we häsiýetleriniň öwrenilmegi adaty himiki düzümlerden, ýagny okislenme derejelerinden tapawutlanýan stehiometrik däl düzümleriň emele gelýändigini görkezdi. Meselem, FeO adaty şertlerde durnuksyz bolup onuň deregine hakykatda  $\text{Fe}_{0,947}$  O düzümlü durnukly kristall ýagdaýdadyr. Bular ýaly ýagdaýyň sebäpleri dürlüdür. Getirilen mysalda demriň atomynda ýokary konsentrasiýada wakansiýalaryň bolmagy bilen düşündirilýär. Çünki adaty atmosfera şertlerinde howada kislorodyň parsial basyşynyň üýtgeşikligi sebäpli.

Umuman, kristallik ýagdaýdaky komponentleriň arasynda birleşmeler, suwuk ýagdaýdaka garanynda ýeňil geçýär. Eger suwuk komponentler arasynda birleşmeler emele gelýän bolsa, onda olar adaty kristallik ýagdaýda hem emele gelýärler.

Bular ýaly prosesleriň esasynda eretmek arkaly berlen düzümlü we häsiýetli splawlar alynýarlar.

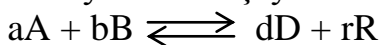
# Tema № 16

## Gomogen we geterogen sistemalardaky deňagramlylyk. Massalaryň täsiri kanuny

### Gomogen sistemadaky deňagramlylyk.

Bilşimiz ýaly, öwrülişikli himiki reaksiýalarda göni we ters reaksiýalaryň tizlikleriniň deňleşmekleri netijesinde himiki deňagramlylyk ýüze çykýar.

Meselem umumy halda ol şeýle aňladylýar:



Göni reaksiýanyň tizligi:  $v_1 = K_1 C_A^a \cdot C_B^b$  (1)

Ters reaksiýanyň tizligi:  $v_2 = K_2 C_D^d \cdot C_R^r$  (2)

Deňagramlylyk pursatynda  $v_1 = v_2$

Ý agny  $K_1 C_A^a \cdot C_B^b = K_2 C_D^d \cdot C_R^r$

Bu ýerden  $\frac{C_D^d \cdot C_R^r}{C_A^a \cdot C_B^b} = \frac{K_1}{K_2} = K_c$  (3)

Şu “K” deňagramlylyk hemişeligi diýilýär. Ol diňe temperatura baglydyr we täsirleşýän maddalaryňp başdaky konsentrasiýalaryna bagly däldir.

Deňleme (3) – e garalýan reaksiýanyň massalarynyň **täsiri kanuny** diýilýär. Bu kanun himiki deňagramlylykda uly ähmiýete eýedir.

Gomogen sistemada deňagramlylyk hemişeligini diňe täsirleşýän maddalaryň konsentراسiýalarynyň üsti bilen däl-de, eýsem başga usullaryň üsti bilen hem aňladyp bolýar. Meselem, gaz halyndaky maddalaryň himiki reaksiýalarynda konsentراسiýanyň deregine maddalaryň **parsial basyşyny ulanmak** has amatly. Onda ýokardaky (3) deňlemäni şeýle aňlatmak mümkin:

$$K_p = \frac{P_D^d \cdot P_R^r}{P_A^a \cdot P_B^b} \quad (4)$$

$K_p$  – diňe temperatura bagly.

Mendeleyewiň – Klapeýronyň ideal gazlaryna degişli gaz sistemalarda komponentiň parsial basyşyny şeýle hasaplamak mümkin:

$$P_i = \frac{n_i \cdot RT}{V} = C_i RT \quad (5)$$

$C_i$  – komponentiň konsentراسiýasy, mol/litr.

$K_p$  we  $K_c$  san bahalary diňe mol sany üýtgemeyän reaksiýalarda özara deň bolýarlar, meselem

$d + r = a + b$  reaksiýa ýalylyk üçin.

Aýdaly:  $H_2 + I_2 = 2HI$  reaksiýasy üçin  
 $K_p = K_c$

Ideal däl gazlar üçin deňagramlylyk hemişeligi **aktiwligiň** üsti bilen aňladýarlar.

Ýokardaky (3) deňleme maddalaryň aktiwliginiň üsti bilen şeýle aňladylýar.

$$K_a = \frac{a_D^d \cdot a_R^r}{a_A^a \cdot a_B^b} \quad (6)$$

Aktiwlik bolsa konsentrasiýa bilen şeýle baglanyşykda

$$A \leq f \cdot c$$

$f$  – aktiwlik koýeffisiýenti.

Himiki reaksiýanyň izobara deňlemesinden gelip çykýar:

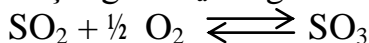
$$\ln K_p = -\frac{\Delta H}{RT} + B \quad (7)$$

$B$  – integrirlemäniň hemişeligi.

Izohor prosesler üçin:

$$\ln K_c = -\frac{\Delta U}{RT} + B \quad (8)$$

**Mysal:** 700° K temperaturada aşakdaky reaksiýanyň deňagramlylyk hemişeligi  $K_a$  kesgitlemeli.



Şonda berlen 500° K-de  $K_a = 2,138 \cdot 10^5$  we (500-700°K) interwalynda  $\Delta H = -23,4 \text{ kkal.} = -23400 \text{ kal}$

**Ç özgüdi:** (7) deňleme boýunça iki temperatura üçin ýazýarys:

$$\ln(2,138 \cdot 10^5) = -\frac{-23400}{R \cdot 500} + B = \frac{23400}{R \cdot 500} + B;$$



$$\ln K_{a,700} = -\frac{-23400}{R \cdot 700} + B = \frac{23400}{R \cdot 700} + B;$$

Birinji deňligi ikinjiden aýyrmak we öwrülişikler etmek arkaly alýarys:

$$\lg K_{a,700} = \lg(2,138 \cdot 10^5) + \frac{23400(500 - 700)}{2,303 \cdot 1,987 \cdot 500 \cdot 700}$$

Ol ýerden

$$\lg K_{a,700} = 2,407 \text{ we } K_{a,700} = 255$$

### **Geterogen reaksiýalardaky deňagramlylyk.**

Bilşimiz ýaly iki ýa-da ondan hem köp fazany saklaýan maddalaryň gatnaşmagynda geçýän reaksiýalara **geterogen** reaksiýalary diýilýär. Meselem gazlar bilen täsirleşýän suwuk ýa-da gaty maddalar.

Meselem  $\text{CaCO}_3$  – nyň termiki dissosiýasy:



$$\text{Ý azyp bileris: } Kp^I = \frac{P_{\text{CaO}} \cdot P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CaCO}_3}} \quad (9)$$

$\text{CaCO}_3$  we  $\text{CaO}$  gaty bolanlary üçin olaryň üstündäki basyş hemişelikdigi sebäpli:  $Kp^I = P_{\text{CO}_2}$

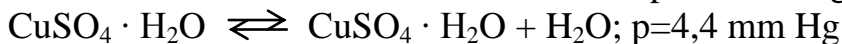
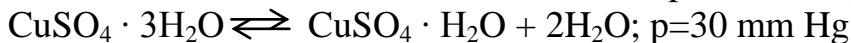
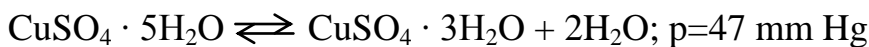
Diýmek islendik temperaturada deňagramlylyk hemişeli diňe kömürturşy gazynyň deňagramlyk basyşy bilen kesgitlenýär. Şu basyşa ( $P_{\text{CO}_2}$ ) **dissosiýasiýa basyşy** diýilýär. Şular ýaly reaksiýalarda dissosiýasiýa basyşy temperaturanyň ýokarlanmagy bilen güýçlenýär. Meselem karbonatlaryň, kristallogidratlaryň, ammiakatlaryň we käbir oksidleriň, sulfidleriň dissosiýasiýasy.

Aşakda  $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$  reaksiýasynyň dissosiýasiýa basyşynyň temperatura baglylygy getirilen:

Temperatura °C	Dissosiýasiýa basyşy mm sim.süt.	Temperatura °C	Dissosiýasiýa basyşy mm sim.süt.
500	0,11	880	760,0
600	2,35	900	992,0
700	25,3	1000	2710,0
800	201,3		

Dissosiýasiýa basyşy şeýle hem materialyň strukturasyna – kristallik modifikasiýasyna we dispers derejesine bagly bolýar. Meselem ýokardaky reaksiýada  $\text{CaCO}_3$ –nyň dispersligi näçe uly bolsa ol has ýeňil dargayar, tersine  $\text{CaO}$ –nyň dispersligi näçe ýokary bolsa  $\text{CaO}$ –nyň  $\text{CO}_2$  bilen täsirleşmesi güýçlenýär, netijede dissosiýasiýa basyşy peselýär.

Termiki dissosiýasiýa reaksiýalary senagatda giňden ulanylýar. Meselem hek daşy, magnezit, dolomit, metallaryň sulfidleri şu usul bilen gyzdyrylyp dargadylýar. Köplenç olar atmosfera basyşynda köýdürilýärler. Şonda 1 atom deň bolan dissosiýasiýa basyşyndaky temperatura **dargama temperaturasy** diýilýär. Karbonat kalsiý üçin  $880^\circ\text{C}$  deň. Gidratlaşan duzlaryň geterogen deňagramlylygy hem gyzyklydyr. Meselem  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  kristallogidratynyň mysalynda onuň dissosiýasiýasy şeýle geçýär. Ýagny  $50^\circ\text{C}$  – de şu reaksiýalar we olaryň döredýän basyşlary şeýle:

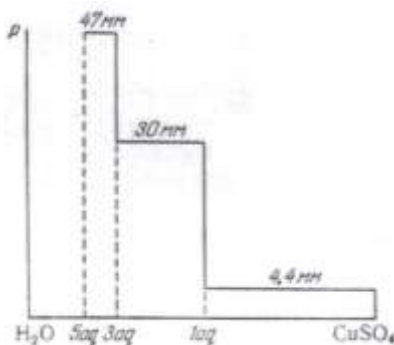


Birinji we ikinji deňlemeler üçin deňagramlyk hemişeligi

$$K^I p = P_{\text{H}_2\text{O}}^2$$

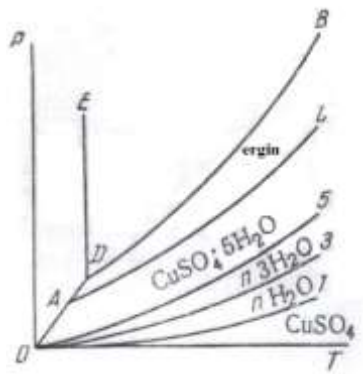
$$K^{\text{II}} p = P_{\text{H}_2\text{O}}^2$$

Bu prosesleriň geçişi grafiki görnüşlerde getirilen (surat 1 we surat 2). Şeýle degidratasiýa hadysalary bilen tebigatda köp duş gelyäris. Ol proses howada çyglylyk näçe pes bolsa şonça gowy geçýär.



**Surat 1.**

**Mis sulfatynyň  
kristallogidratlarynyň  
bogunyň basyşynyň olaryň  
düzümine baglylygy**



**Surat 2.**

**Mis sulfatynyň erginleriniň we  
kristallogidratlarynyň bugunyň  
basyşynyň temperatura  
baglylygy**

## **Tema № 17**

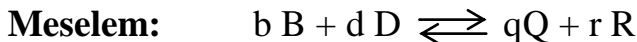
# **Deňagramlylyk ýagdaýyndaky garyndynyň düzümini, önümiň çykymyny, başdaky maddalaryň öwrülişme derejesini hasaplamak. Basyşyň we indifferent gazlaryň goşulmagynyň deňagramlylyga täsiri.**

Öwrülişikli reaksiýalar, täsirleşýän maddalaryň konsentrasiýalaryna baglylykda olar hem göni, hem ters ugra geçip biler. Termodinamiki barlaglaryň netijesinde reaksiýanyň özerkine geçmekligine diňe temperatura we konsentrasiýa däl, eýsem entropiýanyň hem täsir edýänligi anyklandy. Ýagny aşakdaky izobar potensialyň ( $\Delta G$ ) deňlemesinde ýylylyk effekti ( $\Delta H$ ) we agza ( $T \Delta S$ ) gatnaşýar. Bu ýerden görünýär ýagny ýylylyk effektiniň näçe uly otrisatel boldugyça  $\Delta G$  şonça kiçelýär we reaksiýa özerkine geçmäge ukyplylygy artýar. Şeýle entropiýanyň barha ulalmagy  $\Delta G$ - niň bahasyny kiçeldýär we onuň özerkine geçmegi artýar. Ol dogrudan hem aşakdaky  $\Delta G$  deňlemesinden görünýär:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad (1)$$

Çünki  $\Delta G = 0$  bolanda reaksiýa deňagramlylykda bolýar we  $\Delta G < 0$  bolanda ol degişli ugra süýşýär. Şonuň üçin reaksiýanyň özerkine geçmegine temperatura bilen birlikde entropiýa hem uly täsir edýär. Şeýle bolansoň, maddalaryň reagirleşmek ukybyy we deňagramlykdaky reaksiýanyň haýsy ugry geçmek mümkinçiligini  $\Delta G$ - nyň

üsti bilen hasaplap bolýar. Munuň üçin ähli arassa maddalaryň standart  $\Delta G^0$  kesgitlenýär we olar tablisalarda berilýär. Ol 1 atm basyş we  $25^0\text{C}$  üçin getirilýär. Şonda 1 atm basyş umumy basyşy däl-de eýsem her gazyň parsial basyşyny aňladýar.



Reaksiýa üçin ol şeýle:

$$P_B^I = P_D^I = P_Q^I = P_R^I = 1 \text{ atm}$$

Bu ýagdaýda

$$\Delta G = RT \left( \ln \frac{P_Q^{Iq} \cdot P_R^{Ir}}{P_B^{Ib} \cdot P_D^{Id}} - \ln Kp \right) \quad (2)$$

deňlemedäki  $\ln \frac{P_Q^{Iq} \cdot P_R^{Ir}}{P_B^{Ib} \cdot P_D^{Id}} = \ln 1 = 0$

bolýar we  $\Delta G^0 = -RT \ln Kp$  emele gelýär.

Standart şertler üçin (1) deňleme aşakdaky ýaly bolýar:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \Delta S^0 \quad (3)$$

Ýylylyk effekti adatça maddalaryň konsentrasiýa-syna gowşak bagly bolýar.

Şonuň deňagramlylygyny döremegi esasan konsentrasiýa bagly bolan entropiýanyň üsti bilen amala aşyrylýar. Onsoň hem entropiýanyň üýtgemegi  $T\Delta S$  köpeltmek hasyly görnüşde täsir edýär, şonuň üçn temperaturanyň beýgelmegi entropiýanyň täsirini güýçlendirýär.

## Himiki reaksiýalaryň izobar we izohor deňlemeleri.

Ýokarda getirilen (2) izotermanyň deňlemesini T differensirleseň alarys:

$$\frac{d(\Delta G)}{dT} = R \ln \frac{P_Q^{Iq} \cdot P_R^{Ir}}{P_B^{Ib} \cdot P_D^{Id}} - R \ln Kp - RT \frac{d \ln Kp}{dT}$$

Öňki  $\Delta G = \Delta H + T \left( \frac{d \Delta G}{dT} \right)$  deňlemä

$$\Delta G = RT \left( \ln \frac{P_Q^{Iq} \cdot P_R^{Ir}}{P_B^{Ib} \cdot P_D^{Id}} - \ln Kp \right) \text{ we } \frac{d(\Delta G)}{dT}$$

goýsak hem- de gysgaltsak alarys:

$$\Delta H = RT^2 \frac{d \ln Kp}{dT}$$

Ol ýerden

$$\frac{d \ln Kp}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad (4)$$

Bu deňlemä reaksiýanyň izobar deňlemesi diýilýär.

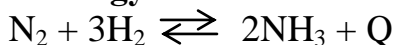
Hemişelik göwrümde geçýän prosesler üçin şu analog bolýar:

$$\frac{d \ln Kc}{dT} = \frac{\Delta U}{RT^2} \quad (5)$$

Bu formula reaksiýanyň izohor deňlemesi diýilýär.

Bu deňlemeler analiz edilende deňagramlylygy süýşürmek üçin temperaturanyň täsiri gelip çykýar. Ýagny, temperatura ýokarlansa deňagramlylyk endotermiki prosesiniň ugruna süýşýär (Le Şateliýeniň prinsipi)

## Meselem ammiagyň sintezinde:



Şunda reaksiýa çepden saga geçende ýylylyk bölünip çykýar, ýagny  $\Delta H < 0$  we (4) deňleme boýunça  $\frac{d \ln K_p}{dT} < 0$ .

Onda  $\frac{d K_p}{dT} < 0$ . Bu temperatura ýokarlananda

$K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \cdot P_{H_2}^3}$  kiçelýär, ýagny ammiagyň çykymy peselýär we deňagramlylyk çepde süýşýär.

**Mysal:** Kalsiý oksidi bilen  $CO_2$  gazynyň (1 atm) arasynda nähili täsirleşmäniň boljakdygyny kesgitlemeli:  $t = 810^\circ C$ , bu temperaturada  $PCaCO_3$  dissosiýasiýasy = 678 mm sim.süt.



**Çözgüdi:**  $PCO_2 = 1$  atm bolany üçin hasaplamany. Şu formula boýunça kesgitlep bolar.

$$\Delta G^0 = - RT \ln K^1_p$$

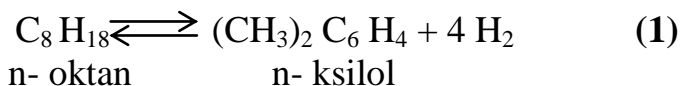
Bu ýerde  $K^1_p = PCO_2$  we basyşy atmosferada aňlatsak:

$$\text{alarys: } \Delta G = - 8,313 \cdot (810+273) \lg \frac{678}{760} = - 1028 \text{ joul.}$$

$\Delta G < 0$ , diýmek görkezilen şertlerde proses özerkine  $CaCO_3$  emele gelýän tarapa geçer.

Reaksiýanyň deňagramlylyk hemişeligini bilmek arkaly, deňagramlylykda bolan garyndynyň düzümini, gerekli önümiň maksimal (teoretiki) çykymyny kesgitlemek mümkin.

**Mysal:**  $500^\circ K$  we  $P=1$  atm,  $\lg K_p = -2,077$  bolanda aşakdaky reaksiýanyň deňagramlylykdaky garyndysynyň düzümini hasaplamaly.



Ç özgüdi:

	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	$\rightleftharpoons$	$(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_4$	$+ 4\text{H}_2$
Sistemada mol sany	1		0	0
başda	1 - x		x	4x
deňagramlykda	n			

Mol sanlaryň jemi:  $\Sigma n = 1 - X + X + 4X = 1 + 4X$

Onda deňagramlyk hemişeligi  $K_p$ :

$$K_p = \frac{P_{(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_4} \cdot P_{\text{H}_2}^4}{P_{\text{C}_8\text{H}_{18}}} \quad (2)$$

Deňagramly sistemada her komponentiň parsial basyşy deňdir.

$$\begin{aligned} P_{(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_4} &= \frac{x}{1+4x} P ; \\ P_{\text{H}_2} &= \frac{4x}{1+4x} \cdot P ; \\ P_{\text{C}_8\text{H}_{18}} &= \frac{1-x}{1+4x} P ; \end{aligned}$$

Bu bahalary (2) formula goýsak alarys:

$$K_p = \frac{\frac{x}{1+4x} \cdot P \cdot \left(\frac{4x}{1+4x} P\right)^4}{\frac{1-x}{1+4x} P} = \frac{x \cdot \left(\frac{4x}{1+4x} P\right)^4}{(1-x)} = \frac{256 \cdot x^5 \cdot P^4}{(1-x)(1+4x)^4}$$

Öwrülişik edip alarys:

$$K_p P^{-4} = M = \frac{256x^5}{(1-x)(1+4x)^4}$$



Bu ýerden:  $\lg K_p - 4 \lg P = \lg M$   
 $P = 1$  bolansoň  $\lg \cdot M = \lg K_p = -2,077$

Onda:  $\lg M = -2,077$

Onda:  $-2,077 = \frac{256 \cdot X^5}{(1-X)(1+4X)^4}$

Bu ýerden  $X = 0,194$

Onda X-yň bu bahalaryny goýup gözlenýän konsentrasiýalary tapýarys:

$$N_{C_8H_{18}} = \frac{1-0,194}{1+4 \cdot 0,194} = 0,454;$$

$$N_{H_2} = \frac{4 \cdot 0,194}{1+4 \cdot 0,194} = 0,437;$$

$$N_{(CU_3)_2} C_6H_4 = \frac{0,194}{1+4 \cdot 0,194} = 0,109.$$

Olaryň agram prosentlerini aşakdaky deňleme boýunça tapýarys:

$$g_i = \frac{N_i M_i}{\sum (N_i M_i)} \cdot 100$$

Bu ýerde M- komponentiň molekulýar massasy

Onda:  $g_{C_8H_{18}} = \frac{0,454 \cdot 114 \cdot 100}{\frac{0,454 \cdot 114 + 0,437 \cdot 2 + 0,109 \cdot 106}{\sum} = 64,178} = 80,5\%;$

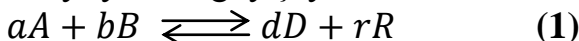
$$g_{H_2} = \frac{0,437 \cdot 2 \cdot 100}{64,178} = 1,36\%;$$

$$g_{(CU_3)_2 C_6H_4} = \frac{0,109 \cdot 106 \cdot 100}{64,178} = 18,1 \%$$

## Tema № 18

### Täsir edişýän massalar kanuny. Gomogen sistemalarda deňagramlylyk konstantasy. Geterogen reaksiýada deňagramlylyk konstantasy.

Bilşimiz ýaly, öwrülişikli reaksiýalarda hem göni, hem ters ugurda tizlikde proses geçýär. Muňa himiki deňagramlylyk diýilýär. Ýagny şeýle:



Şunda himiki reaksiýanyň tizligi täsirleşýän maddalaryň täsir edişýän aktiw massalaryna proporsional-dyr. Şuňa **täsir edişýän massalar kanuny** diýilýär.

Ýokardaky (1) reaksiýanyň göni ugrynyň tizligi deňdir:

$$v_1 = K_1 \cdot C_A^a \cdot C_B^b \quad (2)$$

Bu ýerde:  $K_1$  – göni reaksiýanyň tizliginiň konstantasy

$C$  – degişli maddalaryň konsentrasiýasy

Ters (yzyna gaýdýan) reaksiýanyň tizligi:

$$v_2 = K_2 \cdot C_D^d \cdot C_R^r \quad (3)$$

Haçan – da  $v_1 = v_2$  bolanda

$$v = v_1 - v_2 = 0$$

Şu döran ýagdaýa himiki deňagramlylyk diýilýär. Şonda:

$$K_1 \cdot C_A^a \cdot C_B^b = K_2 \cdot C_D^d \cdot C_R^r$$

Bu ýerden hemişelikleriň gatnaşygyny bir hemişelik bilen aňlatmak arkaly ýazyp bileris:

$$K_C = \frac{K_1}{K_2} = \frac{C_D^d \cdot C_R^r}{C_A^a \cdot C_B^b} \quad (4)$$

Bu ýerde  $K_C$  – deňagramlylyk konstantasy diýilýär.

Ol diňe **temperatura baglydyr**, ýöne täsirleşýän maddalaryň başlangyç **konsentrasiýalaryna bagly däldir**. Deňleme (4) täsir edişýän massalar kanunynyň aňlatmasydyr. Bu kanunyň himiki deňagramlylykda ähmiýeti uludyr.

### **Gomogen sistemadaky himiki deňagramlylyk.**

Deňagramlylyk konstantasyny gazlar üçin parsial basyşlaryň üsti bilen hem aňlatmak mümkin. Çünki hemişelik temperaturada maddanyň parsial basyşy (P) onuň gaz fazasyndaky konsentrasiýasyna proporsionaldyr. Onda (4) deňlemäni şeýle aňlatmak hem mümkin:

$$K_P = \frac{P_D^d \cdot P_R^r}{P_A^a \cdot P_B^b}; \quad (5)$$

Mendeleyew – Klaperyonyň ideal gazlaryň deňlemesi ulanylyp bilinýän sistemalarda islendik komponentiň parsial basyşy şeýle tapylyp bilner:

$$P_i = \frac{N_i RT}{V} = C_i RT \quad (6)$$

$C_i$  – komponentiň konsentrasiýasy, mol/litr.

P – niň bahasyny (5) deňlemä goýmak arkaly  $K_P$  we  $K_C$  baglylyklaryny kesgitläp bolar:

$$K_P = \frac{C_D^d \cdot C_R^r}{C_A^a \cdot C_B^b} [RT]^{(d+r-a-b)} = K_C [RT]^{(d+r-a-b)} \quad (7)$$

$$\text{Ý a-da:} \quad K_C = K_P [RT]^{-(d+r-a-b)} \quad (8)$$

sebabi (7) deňlemeden:

$$K_c = \frac{K_p}{[RT]^{(d+r-a-b)}} = K_p [RT]^{-(d+r-a-b)}$$

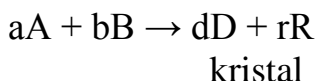
$K_p$  we  $K_c$  san taýdan reaksiýalarda diňe  $d+r=a+b$  bolanda özara gabat gelýär.

**Meselem:**  $H_2 + I_2 = 2HI$  reaksiýasy üçin  $K_p = K_c$   
Deňlemeler (4) we (5) gowşadylan erginler üçin ulanylyp bilner. Has konsentrirlenen erginler üçin konsentrasionalaryň deregine **aktiwlik** ulanylýar.

### Geterogen sistemadaky himiki deňagramlylyk.

Bu sistemalarda haýsy hem bir komponent kristallik ýagdaýda bolýar.

Goý aýdaly ýokardaky reaksiýada “B” komponent gaty halda bolsun:



Onda:

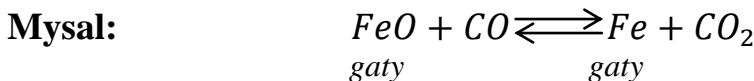
$$K_p = \frac{P_D^d \cdot P_R^r}{P_A^a \cdot P_B^b} \quad (9)$$

Bu ýerde  $P_B^b$  – gaty maddanyňky bolany üçin ol hemişelik ululyk. Onda ony  $K_p$  bilen birleşdirip täze hemişelik bolan:

$$K_p \cdot P_B^b = K_p^1$$

alarys. Onda (9) aňlatma bolar:

$$\boxed{K_p^1 = \frac{P_D^d \cdot P_R^r}{P_A^a}} \quad (10)$$



Onda:

$$K_p^1 = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}$$

**Mysallar:**

1.  $3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  reaksiýa üçin  $400^\circ C$  – de deňagramlylyk hemişeligi deňdir:

$$K_C = \frac{C_{NH_3}^2}{C_{N_2} \cdot C_{H_2}^3} = 0,507$$

Tapmaly  $K_p$

Bilşimiz ýaly: (7)

$$\begin{aligned} K_p &= K_C \cdot [RT]^{(d+r-a-b)} = K_C \cdot [RT]^{(2-3-1)} \\ &= K_C \cdot [RT]^{-2} = \\ &= 0,507(0,082 \cdot 673)^{-2} = 1,66 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

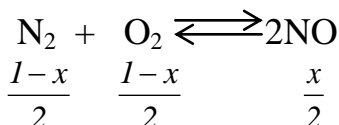
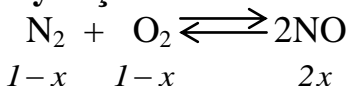
$$(R = 0,082 \text{ l – atm/grad.mol} = 8,314 \text{ joule/grad.mol.})$$

2.  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$  reaksiýanyň deňagramlylyk hemişeligini deňagramlylyk konsentrasiýalaryň üsti bilen aňlatmaly:

$$K_p = \frac{P_{NO}^2}{P_{N_2} \cdot P_{O_2}}$$

Deňagramlylyk dörende 1 l garyndydaky NO – nyň göwrümini X diýip belgiläliň. Onda olaryň göwrüm gatnaşyklary bolýar:

**Çünki reaksiýa boýunça:**



$$\text{Onda: } P_{NO} = X \cdot P$$

$$P_{N_2} = \frac{1-x}{2} P$$

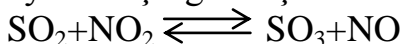
$$P_{O_2} = \frac{1-x}{2} P$$

Bu ýerden:

$$\begin{aligned} Kp &= \frac{P_{NO}^2}{P_{N_2} \cdot P_{O_2}} = \frac{(x \cdot P)^2}{\frac{1-x}{2} P \cdot \frac{1-x}{2} P} = \frac{x^2 \cdot P^2}{\frac{(1-x)^2}{4}} = \\ &= \frac{4x^2 P^2}{P^2(1-x)^2} = \frac{4x^2}{(1-x)^2} = 0,0035 \end{aligned}$$

Bu ýerden:  $X = 0,0296$  ýagny azot okisiniň (NO) çykymy 2,96%

**3. Kükürt kislotasy önümçiliginde şu reaksiýa ulanylýar:**



50°C we 150°C temperaturalarda deňagramlylyk hemişeligi degişlilikde  $Kp = 5,042$  we  $Kp = 3,672$  bolanda  $SO_3$  gazynyň çykymyny kesgitlemeli.

Munuň üçin aşakdaky shemany ulanallyň:

	$SO_2 + NO_2 \rightleftharpoons SO_3 + NO$			
Başlangyç garyndyda mol,	1	1	0	0
Deňagramly garyndyda mol,	1 - X	1 - X	X	X
Hemmesi deňagramly garyndyda mol,	$\Sigma n = 1 - X + 1 - X + X + X = 2$			

$$Kp = \frac{n_{SO_3} \cdot n_{NO}}{n_{SO_2} \cdot n_{NO_2}} \cdot \left( \frac{P}{n_{SO_2} + n_{NO_2} + n_{SO_3} + n_{NO}} \right)^{\Delta n}$$

n – mol sany

P – gazlaryň garyndysynyň basyşy, 1 atm

$$\Sigma n = 2$$

$$\Delta n = 0 \text{ çünki reaksiýa boýunça } \left( \begin{matrix} [1 + 1] \\ \text{mol mol} \end{matrix} - \begin{matrix} [1 + 1] \\ \text{mol mol} \end{matrix} \right) = 2 - 2 = 0$$

Onda: 
$$Kp = \frac{n_{SO_3} \cdot n_{NO}}{n_{SO_2} \cdot n_{NO_2}} \left[ \frac{1}{2} \right]^0$$

Ý a-da: 
$$\left[ \frac{1}{2} \right]^0 = 1$$

$$Kp = \frac{n_{SO_3} \cdot n_{NO}}{n_{SO_2} \cdot n_{NO_2}}$$

**Deňagramly garyndyda:**

$$n_{SO_2} = 1 - X;$$

$$n_{NO_2} = 1 - X;$$

$$n_{SO_3} = X$$

$$n_{NO} = X$$

Onda: 
$$Kp = \frac{X \cdot X}{(1-X)(1-X)} = \frac{X^2}{(1-X)^2}$$

Berlen deňagramlylyk hemişeliklerini ulanyp

$$K_{50}^0 = 5,042$$

$$K_{150}^0 = 3,672$$

X – yň 2 bahasyny tapýarys. Olar deňdir

$$X = 0,692 \text{ (50}^0\text{C)}$$

$$X = 0,657 \text{ (150}^0\text{C)}$$

Diýmek  $0,692 > 0,657$ , onda proses 50°C – da geçirmek amatly.

## Tema № 19

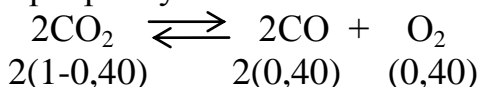
# Deňagramlylyk ýagdaýyndaky garyndynyň düzümini, önümiň çykymyny, başdaky maddalaryň öwrüliş derejesini hasaplamak.

Ýokarda geçilen materiallardan görnüşi ýaly, himiki deňagramlylygyň hemişeliginin ( $K$ ) kömegi bilen dürli maddy hasaplamalary, reaksiýalaryň haýsy ugra süýşürilip bilinjekdigini, garyndynyň düzümini, önümiň çykymyny kesgitlemek mümkin.

Geliň muňa mysallaryň üsti bilen göz ýetireliň.

1.  $3000^{\circ}\text{C}$ -de  $\text{CO}_2$  aşakdaky deňleme boýunça 40% dissosiýasiýa geçipdir.

Şol temperaturada  $K_p$  tapmaly:



$$K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}^2};$$

**Çözgüdi:**

Komponentleriň parsial basyşlaryny hasaplaýarys:

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{2(1-0,40)}{2(1-0,40) + 3 \cdot 0,40} \cdot 1 = 0,50$$

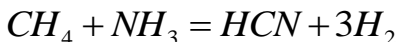
$$P_{\text{CO}} = \frac{2 \cdot 0,40}{2(1-0,40) + 3 \cdot 0,40} \cdot 1 = 0,33$$



$$P_{O_2} = \frac{0,40}{2(1-0,40) + 3 \cdot 0,40} \cdot 1 = 0,17$$

Onda 
$$Kp = \frac{(0,33)^2 \cdot 0,17}{(0,50)^2} = 0,074$$

2. Peçde şu reaksiýa bolup geçýär:

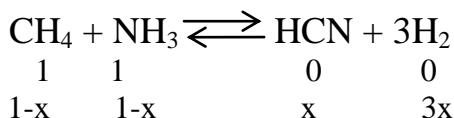


Şu reaksiýa boýunça 927°C-da HCN-niň çykymyny kesgitlemeli. Konstantanyň temperatura baglylygy şeýle:

$$\lg Kp = -\frac{11870}{T} + 10,75 \lg T - 0,24 \cdot 10^{-5} T + \\ + 4,62 \cdot 10^{-7} T^2 + 1,22 \cdot 10^6 T^{-2} - 10,567$$

Çözgüdi:  $T^\circ K = 927 + 273 = 1200^\circ K$

Şu temperaturany ýokardaky deňlemä goýup  $\lg Kp = 13,292$  tapýarys. Ol ýerden  $Kp = 1,979 \cdot 10^{13}$  (antilogarifmirläp). Deňagramlylyk konsentrasiýalaryny tapýarys:



Mollaryň jemi:  $\Sigma n = 1 - x + 1 - x + x + 3x = 2 + 2x$

Onda

$$Kp = \frac{[HCN] \cdot [H_2]^3}{[CH_4][NH_3]} = \frac{X \cdot (3x)^3}{(1-x)(1-x)} = \frac{27x^4}{(1-x)^2}$$

Onda  $Kp = 1,979 \cdot 10^{13}$  bahany goýup  $X$  - i tapýarys

$$1,979 \cdot 10^{13} = \frac{27x^4}{(1-x)^2}$$

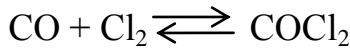
Bu ýerden:  $X=0,998$

Onda önümiň çykymy deňdir.

$$\frac{X}{2+2x} = \frac{0,998}{2+2 \cdot 0,998} = \frac{0,998}{2+1,9960} = \frac{0,998}{3,9960} = 0,25$$

ýa-da 25%

3. Şu reaksiýa üçin:

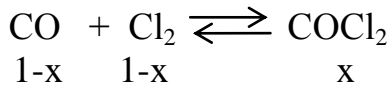


$$Kp = \frac{P_{\text{COCl}_2}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{Cl}_2}}$$

$$\lg Kp = \frac{5020}{T} - 1,75 \lg T - 1,158 \quad (1)$$

$P=1$  atm,  $T=800$  K bolanda  $\text{COCl}_2$ -niň çykymyny kesgitlemeli.

Çözüldi:



$$\Delta n = -2 + 1 = -1;$$

$$\Sigma n = \underline{1-x} + \underline{1-x} + \underline{x} = 2-x$$

Onda

$$Kp = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]} = \frac{x}{(1-x)(1-x)} = \frac{x}{(1-x)^2}$$

Ýokarda berlen (1) deňleme boýunça  $T=800\cdot K$ –de  $\lg K_p$  we soňra  $K_p$ -ny tapýarys:

$$\lg K_p = \frac{5020}{800} - 1,75 \lg 800 - 1,158 = 0,037$$

Antilogarifmirläp:  $K_p = 1,089$

Onda 
$$1,089 = \frac{x}{(1-x)^2}$$

Bu ýerden  $x \approx 0,3$

Onda çykym  $\sim 30\%$

#### 4. Ammiagyň sintezinde berlen şertlerde **NH<sub>3</sub>-yň çykymyny kesgitlemek.**

Berlen:  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

Ý a-da  $\frac{1}{2} N_{2(g)} + \frac{3}{2} H_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$

Goý:  $t = 720^\circ C$ ;

Berilýän gazyň düzümi: 25%  $N_2$  (mol)  
75%  $H_2$  (mol)

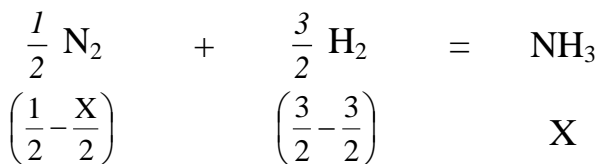
$P_{umumy} = 300 \text{ atm.}$

$720^\circ C$  – de bu reaksiýa üçin

$$K_p = \frac{P_{NH_3}}{P_{N_2}^{\frac{1}{2}} \cdot P_{H_2}^{\frac{3}{2}}} = 0,0098$$

**Tapmaly:** Ammiagyň çykymyny we deňagramlylykdaky gaz garyndysynyň düzümini.

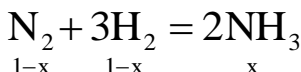
Deňagramlylykda:



Onda umumy mol sany garyndyda:

$$\frac{1}{2} - \frac{x}{2} + \frac{3}{2} - \frac{3x}{2} + x = \frac{4}{2} - \frac{4x}{2} + x = 4 - 4x + 2x = 4 - 2x = 2 - x$$

Ý a-da has oňalyly tapylyşy:



$$\Sigma = 1 - x + 1 - x + x = 2 - x$$

Daltonyň kanuny boýunça ideal gazlaryň garyndysynda her gazyň parsial basyşy deňdir:

$$P_i = P_{\text{umumy}} \cdot N_i = P_{\text{umumy}} \cdot \frac{i - \text{mols.sany}}{\text{um.mols.sany}};$$

Onda:

$$P_{\text{N}_2} = P_{\text{um}} \cdot \frac{(1/2 - x/2)}{2 - x};$$

$$P_{\text{H}_2} = P_{\text{um}} \cdot \frac{(3/2 - 3/2x)}{2 - x};$$

$$P_{\text{NH}_3} = P_{\text{um}} \cdot \frac{x}{2 - x}$$

Bulary  $K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}}{p_{\text{N}_2}^{1/2} \cdot p_{\text{H}_2}^{3/2}}$  formula goýsak alarys

$$K_p = \frac{P_{um} \cdot \frac{x}{2-x}}{p_{um}^{1/2} \left[ \frac{2/1-x/2}{2-x} \right]^{1/2} \cdot p^{3/2} \cdot \left[ \frac{3/2-3/2x}{2-x} \right]^{3/2}} =$$

$$= \frac{x(2-x)}{\left(\frac{3}{2}\right)^{3/2} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{1/2} \cdot P_{um} \cdot (1-x)^2} = 0,0098$$

Bu klagpat deňlemä  $P_{um} = 300$  atm. Goýsak  $x=0,65$  bolýar. Diýmek bu ýagdaýda ammiagyň çykym 65% töweregi bolýar.

Deňagramlyk konsentrasiýalary bolýar: (%)

$$NH_3 = \frac{0,65}{(2-0,65)} \cdot 100 = 48,2\%$$

$$N_2 = \frac{0,5-0,5 \cdot 0,65}{(2-0,65)} \cdot 100 = 13\%$$

$$H_2 = \frac{1,5-1,5 \cdot 0,65}{(2-0,65)} \cdot 100 = \frac{38,8\%}{100\%}$$

Geliň indi deňagramlyk hemişelikleriniň standart tablissalarynyň kömegi bilen hasaplanýşyna seredeliň.

Soňky döwürde bu usul giňden ulanylýar. Çünki standart tablisalarda  $T=298^\circ K$ ,  $P=1$  atom üçin  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta G^\circ$  we  $S^\circ$  bahalary köp maddalar üçin getirilen. Şonda öňden bilşimiz ýaly reaksiýalaryň:

$$\Delta H^\circ = \sum_{\Delta} H_{??}^\circ - \sum_{\Delta} H_{bas.}^\circ$$

$$\Delta G^\circ = \sum_{\Delta} G_{??}^\circ - \sum_{\Delta} G_{bas.}^\circ$$

**Meselem:**  $C + CO_2 = 2CO$  üçin ol şeýle:

$$\Delta G^{\circ} = (2\Delta G_{\text{CO}}^{\circ} - \Sigma \Delta G_{\text{C}}^{\circ} + \Delta G_{\text{CO}_2}^{\circ})$$

$$\Delta H^{\circ} = (2\Delta H_{\text{CO}}^{\circ} - \Sigma \Delta H_{\text{C}}^{\circ} + \Delta H_{\text{CO}_2}^{\circ})$$

$$\Delta G_{\text{C}}^{\circ} = 0; \quad \Delta H_{\text{C}}^{\circ} = 0;$$

Entropiýanyň üýtgemegini  $\Delta S^{\circ}$  hem şeýle tapýarlar:

$$\Delta S^{\circ} = \Sigma S^{\circ}_{\text{önüm}} - \Sigma S^{\circ}_{\text{bas}}$$

Standar temperaturadan beýleki temperaturalarda aşakdaky termodinamiki gatnaşyklar ulanylýar:

$$\Delta H_T^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} + \int_{298}^T \Delta C_p dt \quad (2)$$

$$\Delta S_T^{\circ} = \Delta S_{298}^{\circ} + \int_{298}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{T} dt \quad (3)$$

Bu aňlatmalary izobar patensialyň deňlemesine goýmak arkaly alarys ( $G=H-Ts$ ):

$$\Delta G_T^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} - T\Delta S_{298}^{\circ} - T \int_{298}^T \frac{\Delta C_p^{\circ}}{T} dt + \int_{298}^T \Delta C_p^{\circ} dT \quad (4)$$

Ýöne başdaky maddalaryň  $\Sigma \Delta C_p^{\circ}$  ahyrky maddalaryň  $\Sigma \Delta C_p^{\circ}$  deň hasap etsek, onda  $\Delta C_p=0$  ýakynlaşar.

Onda ýönekeý formada ýazyp bileris:

$$\Delta G_T^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} - T\Delta S_{298}^{\circ} \quad (5)$$

$$\Delta G_T^{\circ} = -RT \ln K_p^{\circ}$$

çalşyp alýarys:

$$-RT \ln K_p^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} - T\Delta S_{298}^{\circ}$$

Bu ýerden:

$$\ln Kp^{\circ} = -\frac{\Delta H_{298}^{\circ}}{RT} + \frac{T\Delta S_{298}^{\circ}}{RT} = -\frac{1000\Delta H_{298}^{\circ}}{4,575T} + \frac{\Delta S_{298}^{\circ}}{4,575}; \quad (6)$$

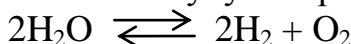
Bu formula 600°K çenli kanagatlarly ulanylyp bilner. Emma ondan ýokary temperaturalarda  $\Delta Cp \neq 0$  dældigini hasaba almaly.

Has takmynan hasaplamalar üçin şu formuladan peýdalanmak mümkin:

$$\lg Kp^{\circ} = \frac{1000\Delta G}{4,57T} \quad (7)$$

Bu ýerde 1000  $\Delta H_{298}^{\circ}$  – iň kilokaloriýadaky aňladylşyndan gelip çykýar.

**Mysal:** T=1000°K- de suw bugunyň dissosiýasiýasynyň konstantasyny hasaplamaly.



Standart bahalar	Madda	$\Delta H_{298}^{\circ}$	$S_{298}^{\circ}$
	H <sub>2</sub>	0	31,23
	O <sub>2</sub>	0	49,02
	H <sub>2</sub> O	-57,801	45,10

$\Delta H_{298}^{\circ}$  we  $\Delta S_{298}^{\circ}$  hasaplaýarys:

$$\Delta H_{298}^{\circ} = 2\Delta H_{H_2}^{\circ} + \Delta H_{O_2}^{\circ} - 2\Delta H_{H_2O}^{\circ} = -2 \cdot 57,801 = -115,602$$

$$\Delta S_{298}^{\circ} = 2S_{H_2}^{\circ} + S_{O_2}^{\circ} - 2S_{H_2O}^{\circ} = 2 \cdot 31,23 + 49,02 - 2 \cdot 45,10 = 21,28$$

$\Delta Cp^{\circ}$  suw bugunyň dissosiýasiýasy üçin:

$$C_p^{H_2} = 6,88 + 0,066 \cdot 10^{-3} T$$

$$C_p^{O_2} = 6,26 + 2,746 \cdot 10^{-3} T$$

$$C_p^{H_2O} = 6,89 + 3,283 \cdot 10^{-3} T$$

Onda:

$$\Delta C_p^\circ = 2C_p^{H_2} + C_p^{O_2} - 2C_p^{H_2O} = 2(6,88 + 0,066 \cdot 10^{-3} T) + 6,26 + 2,746 \cdot 10^{-3} T - 2(6,89 + 3,283 \cdot 10^{-3} T) = 6,24 - 3,688 \cdot 10^{-3} T$$

$\Delta C_p^\circ = 6,24$ - hemişelik san kökmünde hasap etsek (4) deňleme şeýle bolar:

$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T \Delta S_{298}^\circ + 6,24(T - 298) - 6,24 T \ln \frac{T}{298}$$

ýa-da

$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T \Delta S_{298}^\circ - 6,24 T M_0$$

$$M_0 = \ln \frac{T}{298} + \frac{298}{T} - 1$$

Onda (6) deňleme şeýle görnüşde geler:

$$\lg K_p^\circ = -\frac{1000 \Delta H_{298}^\circ}{4,575 T} + \frac{\Delta S_{298}^\circ}{4,575} + \frac{6,24}{4,575} M_0 \quad (8)$$

$M_0$  – ululygyň dürli temperaturalar üçin öňünden hasaplapbolýar. 1000°K üçn  $M_0 = 0,508$

Onda degişli bahalary (8) deňlemä goýsak alarys:

$$\lg K_p = -\frac{1000 \cdot 115,6}{4,575 \cdot 1000} + \frac{21,28}{4,575} + \frac{6,24}{4,575} \cdot 0,508$$

$$\lg K_p = -20,14$$

$$K_p = 10^{-20,14}$$



## Tema № 20

### Himiki reaksiýanyň izoterma deňlemesi. Himiki reaksiýanyň izobar we izohor deňlemeleri.

Bilşimiz ýaly  $\Delta G = G_{\text{ahyrky}} - G_{\text{baş.}}$  (1)

Ikomponent üçin:  $G_i = G_i^0 + RT \ln P_i$  (2)

Umumy:  $G = \sum n_i G_i^0 + RT \sum n_i \ln P_i$

ýa-da (1) boýunça

$$\Delta G = \Delta G^0 + (RT \sum n_i \ln P_i)_{\text{ahyrky}} - (RT \sum n_i \ln P_i)_{\text{başd.}} \quad (3)$$

Bu ýerde:

$$\Delta G^0 = (\sum n_i G_i^0)_{\text{ahyrky}} - (\sum n_i G_i^0)_{\text{başd.}}$$

$\Delta G^0$  – izobar potensialyň standart üýtgemesi diýilýär. Ol her bir berlen temperaturada berlen reaksiýa üçin hemişelikdir. Sebäbi bu şertlerde her komponentiň potensiallarynyň standart bahalary hemişelikdir.

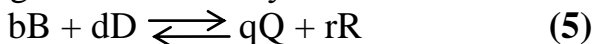
Indi deňagramlylyk ýagdaýa geçeliň. Bu ýagdaýda  $\Delta G = 0$ , diýmek onda (3) deňlemäniň sag tarapy “0” deň.  $\Delta G^0$  we  $RT$  hemişelik temperaturada hemişelikdir. Onda olaryň tapawudy hem hemişelikdir.

Ý agny  $(\sum n_i \ln P_i)_{\text{ahyrky}} - (\sum n_i \ln P_i)_{\text{başd.}}$

Ony  $\ln K_p$  diýip aňlatsak bolar:

$$(\sum n_i \ln P_i)_{\text{ahyrky}} - (\sum n_i \ln P_i)_{\text{başd.}} = \ln K_p \quad (4)$$

Gomogen gaz himiki reaksiýa seredeliň.



Bu reaksiýa üçin (4) gatnaşyk bolýar:

$$\ln \frac{P_Q^q \cdot P_R^r}{P_B^b \cdot P_D^d} = \ln K_p$$

Bu ýerden:

$$\boxed{\frac{P_Q^q \cdot P_R^r}{P_B^b \cdot P_D^d} = K_p} \quad (6)$$

$K_p$  – deňagramlylyk hemişeligi. Bu reaksiýa üçin ol diňe temperatura bagly. (3) deňlemede  $\Delta G$  ululygy deňagramlylyk hemişeliginiň üsti bilen aňlatmak mümkin. Sebäbi deňagramlylykda  $\Delta G = 0$  we (4) deňlemeden peýdalanyp alarys:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_p \quad (7)$$

ýa–da umumy halda basyşyň deregine aktiwlik ulanylsa ýazyp bileris:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_p \quad (8)$$

(7) deňlemeden peýdalanyp (3) deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazýarys:

$$\Delta G = RT [(\sum n_i \ln P_i^1)_{ahyrky} - (\sum n_i \ln P_i^1)_{bas} - \ln K_p] \quad (8)$$

(5) reaksiýanyň hususy ýagdaýy üçin (3) we (8) deňlemeler ýazylyp bilner:

$$\Delta G = RT \left( \ln \frac{P_Q^{1q} \cdot P_R^{1r}}{P_B^{1b} \cdot P_D^{1d}} - \ln Kp \right) \quad (9)$$

Hemişelik temperaturada we hemişelik göwrümde şular ýaly deňlemeler izohor potensiallaryň üýtgemegini aňladýar ( $\Delta F$ ). Eger sistemanyň düzümini konsentrasiýanyň üsti bilen aňlatsak ideal gazlarda ýa – da gowşadylan erginlerde geçýän reaksiýalar üçin  $\Delta F$  deňdir:

$$\Delta F = RT \left( \ln \frac{C_Q^{1V} \cdot C_R^{1r}}{C_B^{1b} \cdot C_D^{1d}} - \ln Kc \right) \quad (10)$$

Şu (9) we (10) deňlemelere himiki reaksiýalaryň **izoterma deňlemeleri** diýilýär. (ýa-da Want-Goffyň deňlemeleri).

$\Delta G$  – niň we  $\Delta F$  – iň kömegi bilen reaksiýanyň haýsy ugra geçip biljekdigini hasaplap bolýar. Eger  $\Delta G < 0$  we  $\Delta F < 0$  bolsa reaksiýa berlen ugra özerkine geçip bilýär.

**Himiki srodstwo hakynda:** Himiki deňagramlylyk taglymaty döremeginden öň maddalaryň himiki reaksiýa bolan aktiwligi reaksiýanyň ýylylyk effekti bilen düşündirilipdir (Bertlonyň prinsipi, 1867 ý). Ýagny reaksiýada näçe köp ýylylyk bölünip çyksa, şonça maddalaryň bir- birine srodstwosy köp diýlip hasaplanylýdyr. Ýöne termodinamikanýň kanunlarynyň açylmagy bilen reaksiýanyň geçmegine diňe ýylylyk effekti däl- de, eýsem **entropiýa** faktorynyň ulydygy ýüze çykýar (Gibbsiň, Want- Goffyň we beýlekileriň işleri).

Bilşimiz ýaly reaksiýanyň özerkine geçmegi izobar potensialyň ( $\Delta G$ ) azalmagy bilen bolup geçýär. Öň

bellegýsimiz ýaly standart  $\Delta G^0$ ,  $\Delta H^0$  we  $T\Delta S^0$  faktorlaryň täsiriniň jemidir, ýagny:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 \quad (11)$$

**Himiki reaksiýanyň izobar we izohar potensiallary.**

Öňki şu deňlemäni  $T$  boýunça differensirleseň:

$$\Delta G = RT \left( \ln \frac{P_Q^{1^q} \cdot P_R^{1^r}}{P_B^{1^b} \cdot P_D^{1^d}} - \ln Kp \right) \quad (12)$$

alarys:

$$\frac{d(\Delta G)}{dT} = R \ln \frac{P_Q^{1^q} \cdot P_R^{1^r}}{P_B^{1^b} \cdot P_D^{1^d}} - R \ln Kp - RT \frac{d \ln Kp}{dT}$$

Öňki  $\Delta G = \Delta H + T \left( \frac{d(\Delta G)}{dT} \right)_P$  deňlemä  $\Delta G$  –niň (12)

deňlemedäki bahasyny goýsak gysgaltmakdan soň alarys:

$$\Delta H = RT^2 \frac{d \ln Kp}{dT}$$

Bu ýerden:

$$\boxed{\frac{d \ln Kp}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2}} \quad (13)$$

Bu deňlemeler temperatura we reaksiýanyň ýylylyk effekti bilen deňagramlylygyň konstantasynyň baglanyşygyny aňladýar. Olar hemişelik basyşda geçýän proseslere degişlidir. Şonuň üçin olara **reaksiýanyň izobar deňlemeleri diýilýär.**

Şunuň ýaly deňlemäni hemişelik göwrümde geçýän prosesler üçin hem almak bolar:

$$\boxed{\frac{d\ln K_c}{dT} = \frac{\Delta U}{RT^2}} \quad (14)$$

Bu deňlemä **reaksiýanyň izohar deňlemesi** diýilýär.

(13) we (14) deňlemeler izobar we izohar prosesleriň differensial formasy. Praktikada olary integrirläp ulanmak has amatly. Şonda şu formula has oňaýly:

$$\ln K_p = - \frac{\Delta H}{RT} + B \quad (15)$$

Bu ýerde, B- integrirlemäniň hemişeligi.

**Izohar prosesler üçin:**

$$\ln K_c = - \frac{\Delta H}{RT} + B \quad (16)$$

**Mysal:**

$\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$   
reaksiýasy üçin  $700^0 \text{ K}$ - de deňagramlylyk konstantasyny kesgitlemeli. (Ka).

Berlen:  $500^0 \text{ K}$ - de  $K_a = 2,138 \cdot 10^5$  we  $\Delta H$  ( $500 - 700^0 \text{ K}$ ) interwalynda

$$\Delta H = - 23,4 \text{ kkal} = - 23400 \text{ kal}$$

**Çözüdi:** iki temperatura üçin hem (15) deňlemäni ýazalyň:

$$\ln (2,138 \cdot 10^5) = \frac{23400}{R \cdot 500} + B;$$

$$\ln K_a \cdot 700 = \frac{23400}{R \cdot 700} + B$$

Birinji deňlemäni ikinji deňlemeden aýryp we öwrülişikler geçirip alarys:

$$\lg Ka_{,700} = \lg(2,138 \cdot 10^5) + \frac{23400(500-700)}{2,303 \cdot 1,987 \cdot 500 \cdot 700};$$

(R)

Bu ýerden:  $\lg Ka_{,700} = 2,407$

ýa-da

$Ka_{,700} = 255$
-------------------

## Tema № 21

# Güýçli we gowşak elektrolitler. Dissosiýasiýa konstantasy we derejesi.

Elektrik togunyň geçirijileri bölünýärler:

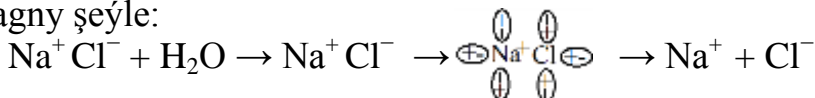
1. **Elektronlar** bilen – geçirijileriň **birinji** görnüşi;
2. **Ionlar** bilen – geçirijileriň **ikinci** görnüşi;

**Birinjilere** gaty we rasplaw haldaky metallar degişlidir. Olarda elektrik togy **elektronlaryň** üsti bilen geçýär.

**Ikinjilere** – duzlaryň, kislotalaryň we esaslaryň erginleri we duzlaryň rasplawlary degişlidirler. Olarda elektrik togy **ionlaryň** üsti bilen geçýär. Ionlar bolsa položitel (**kationlar**) we otrisatel (**anionlar**) bolýarlar. Erginde ýa- da rasplaw halyna ionlardan durýan we elektrik toguny geçirýän maddalara **elektrolitler** diýilýär.

Elektrolitleriň elektrik toguny geçirmeginiň esasynda **Arreniusyň** (1887) **elektrolitik dissosiýasiýa** teoriýasy ýatyr. Onuň manysy şeýle, ýagny ion baglanyşykly duzlarda, meselem NaCl, onuň  $\text{Na}^+$  we  $\text{Cl}^-$  ionlary suwuň dipol molekullary tarapyndan ters zaryadlary bilen dartylyp biri – birinden aýrylýarlar.

Ýagny şeýle:



Eger şunda erediji suw bolsa bu hadysa **gidrotasiýa**, eger başga polýar erediji bolsa oňa **solwatasiýa** diýilýär. Iondipol täsirleşme has güýçli geçýär, haçan- da ionyň radiusy kiçi  $\text{Li}^+$  we şol bir wagtda uly zaryadly bolsa

( $\text{Al}^{3+}$ ). Meselem  $\text{LiCl}$  togy  $\text{CsCl}$  – den has gowy geçirýär. Aşakda ol şeýle görünýär:

Aşgar metallaryň hloridleriniň elektrik geçirijiligi:

Hlorid	Metalyň ion radiusy $\text{\AA}^0$	Elektrik geçirijiligi	
		rasplaw ýagdaýynda	0,01 N suw ergininde
$\text{LiCl}$	0,60	166,6	92,1
$\text{NaCl}$	0,95	135,5	102,0
$\text{KCl}$	1,32	103,5	122,4
$\text{CsCl}$	1,69	66,7	125,2

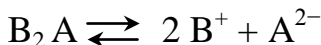
Dissosiýasiýa geçmek ukyby boýunça elektrolitleriň şu görnüşleri bar:

**güýçli we gowşak. Güýçli elektrolitlere** güýçli kislotalar, güýçli esaslar we duzlaryň köp bölegi degişlidir.

**Gowşak elektrolitlere** ilkinji nobatda gowşak kislotalar we gowşak esaslar degişlidirler. Şeýle hem bulara köp sanly organiki kislotalar, fenollar, aminler we beýlekiler degişlidirler.

Gowşak elektrolitleriň dissosiýasiýasy öwrülişikli bolýarlar, sebäbi gapma- garşylykly ionlar duşuşyp ýene-de molekula emele getirýärler.

**Meselem:**



Ähli öwrülişikli proseslerde bolşy ýaly, bu ýerde hem deňagramlyk döreýär. Onuň hemişeligine **dissosiýasiýa hemişeligi** diýilýär. Onuň formulasy:

$$K_D = \frac{C_{\text{B}^+}^2 \cdot C_{\text{A}^{2-}}}{C_{\text{B}_2\text{A}}} \quad (1)$$

C- degişli konsentrasiýalar.



Bu formula örän gowşadylan erginler üçin ulanylyp bilner. Has konsentirlenen erginler üçin onda ionlaryň aktiwligi ulanylýar:

$$K_{D,a} = \frac{a_{B^+}^2 \cdot a_{A^{2-}}}{a_{B_2A}} \quad (2)$$

a- degişli aktiwlikler.

Aşakdaky tablisada käbir gowşak kislotalaryň we esaslaryň suw erginlerindäki basgançakly dissosiýasiýasynyň hemişeligi ( $K_{D,a}$ ) getirilen. Olardan görnüşi ýaly köpbasgançakly dissosiýasiýada I basgançagyň  $K_{D,a}$ -iň ýokary bolýar.

Gowşak elektrolitiň dissosiýasiýasyny häsiýetlendirmek üçin şeýle hem **dissosiýasiýa derejesi** ( $\alpha$ ) diýilýän aňlatma ulanylýar.

Elektrolit	Dissosiýasiýa basgançagy	t°C	$K_{D,a}$
CH <sub>3</sub> COOH	I	25	$1,754 \cdot 10^{-5}$
HClO	I	18	$2,95 \cdot 10^{-5}$
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	I	25	$1,3 \cdot 10^{-2}$
H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	I	25	$1,8 \cdot 10^{-1}$
	II	25	$3,2 \cdot 10^{-7}$
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	I	25	$7,11 \cdot 10^{-3}$
	II	25	$6,34 \cdot 10^{-8}$
	III	25	$1,26 \cdot 10^{-12}$
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	I	20	$5,84 \cdot 10^{-10}$
	II	20	$1,8 \cdot 10^{-13}$
	III	20	$1,6 \cdot 10^{-14}$
NH <sub>4</sub> OH	I	25	$1,79 \cdot 10^{-5}$

Ol şeýle aňladylyr:

$$\alpha_{(\%) = \frac{\text{dissosiýasiýalaşan molekulalaryň sany}}{\text{erän molekulalaryň umumy sany}} \cdot 100$$

Onuň kömegi bilen elektrolitiň güýji häsiýetlendirilýär. Ý agny, eger:

$\alpha < 2\%$  - elektrolit gowşak ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ )

$\alpha = 2 \div 30 \%$  - elektrolit orta güýçli ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

$\alpha > 30\%$  - e elektrolitgüýçli ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ , ähli duzlar).

Dissosiýasiýa derejesi ( $\alpha$ ) elektrolitiň ýagdaýyny diňe erginiň şol bir konsentrasiýasynda häsiýetlendirýär. Sebäbi konsentrasiýanyň ýokarlanmagy bilen ionlaryň sany köpeliýär we täzeden molekula emele gelmesi güýçlenýär. Şeýle hem adatça temperaturanyň ýokarlanmagy bilen  $\alpha$  kiçeliýär.

Dissosiýasiýa derejesi ( $\alpha$ ) dissosiýasiýa hemişeligi ( $K_D$ ) bilen baglanyşyklydyr.

**Meselem** BA, binar elektroliti üçin (binar bolanda her molekula iki ion emele getirýär)  $\text{C}_B^+$  we  $\text{C}_A^-$  ionlaryň konsentrasiýalary we dissosiýasiýa geçmedik molekulalaryň konsentrasiýasy bilen şu gatnaşykda bolýar:

$$\begin{aligned} \text{BA} &= \text{B}^+ + \text{A}^- \\ \text{C}_B^+ &= \text{C}_A^- = \alpha \cdot C \\ \text{C}_{BA} &= (1 - \alpha) C \end{aligned}$$

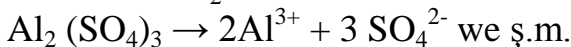
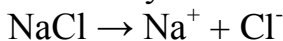
Onda bulary  $K_D$ - bilen aňlatsak:

$$K_D = \frac{C_{B^+} \cdot C_A}{C_{BA}} = \frac{\alpha \cdot C \cdot \alpha \cdot C}{(1 - \alpha) C} = \frac{\alpha^2 \cdot C^2}{(1 - \alpha) C} = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1 - \alpha} \quad (3)$$

(Ostwaldyň gowşatma kanuny)

Öň belleýşimiz ýaly, elektrolitleriň häsiýetleri arassa eredijileriň häsiýetlerinden, elektrolit dälleriň erginlerinden güýçli sowulma eýedirler. Munuň hem esasy sebäbi elektrolitlerde dissosiýasiýa netijesinde ion bölejikleriniň sany başdaky molekulalaryň sanyndan köp bolýar.

**Meselem:**



Şonuň üçin gowşadylan erginler üçin **osmos** basyşy

$$\pi = cRT \quad (4)$$

bolsa, elektrolitlerde osmos basyşy ondan has ýokary bolýar. Şonuň üçin (4) formulany elektrolitlerde hem ulanmak üçin **izotonik koýeffisiýent** (i) diýilýän köpeldiji girizilýär. Onda (4) şeýle aňladylýar:

$$\pi = icRT \quad (5)$$

Izotonik koýeffisiýent (i) deňdir:

$$i = \frac{\text{real osmos basyşy}}{\text{hasaplanan (teoretiki) Osmos basyşy}}$$

Izotonik koýeffisiýent elektrolitleriň doňmak temperaturasynda, gaýnamak temperaturasynda hem hasaba alynýar: Ýagny, şeýle

$$\Delta T_{\text{doňmak}} = iKC$$

$$\Delta T_{\text{gaýnamak}} = iEC$$

Dissosiýasiýa şeýle hem keseki ionlaryň gatnaşmagyna bagly. Munuň 2 ýagdaýy bolup biler:

1. Meñzeş ionly madda goşulsa, meselem  $\text{CH}_3\text{COOH}$  erginine  $\text{CH}_3\text{COONa}$  maddasy goşulsa dissosiýasiýa güýçlenýär.
2. Meñzeş däl ionly madda goşulsa, meselem  $\text{CH}_3\text{COOH}$  erginine  $\text{HCl}$  ergini goşulsa,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ - nyň dissosiýasiýasy gowşaýar.

## Tema № 22

### Elektrolit erginleriň elektrik geçirijiligi

Bilşimiz ýaly Omyň kanuny boýunça tok güýji  $I$  deňdir:

$$I = \frac{V}{R}$$

$V$  – potensiallaryň tapawudy

$R$  – garşylyk

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$\rho$  – uzynlygy  $l = 1$  sm we kese – kesigi  $S = 1 \text{ sm}^2$  bolan geçirijiniň udel garşylygy Elektrolitleriň erginleri üçin Omyň kanunyny udel garşylygyň ters alamaty bolan udel elektrik geçirijilik ( $\kappa$ ) bilen aňlatmak oňaly, ýagny:

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \quad (1)$$

Udel elektrik geçirijilik bu, 1 sekuntda  $1 \text{ sm}^2$  kesekesikden, uzynlygy 1 sm naprýaženiýa meýdany 1 wolt/sm bolanda geçýän elektrigiň mukdaryny aňladýar.

Onuň ölçeg birligi:

$$\kappa = \frac{i}{E} = \frac{li}{SV} = \frac{1}{SR} = [\text{OM}^{-1} \cdot \text{CM}^{-1}]$$

$E$  – naprýaženiýe, w/sm

$$i = \frac{I}{S}$$

kese – kesikden geçýän tok

Elektrolitlerde tok erginiň üstünden ionlaryň hereketi arkaly amala aşyrylýar. Şonuň üçin erginiň udel elektrik geçirijiligi ionlaryň konsentrasiýasyna göni

proporsionaldyr. Şonuň üçin arassa suwuň tok geçirijiligi ýokdur. **(surat 1)**

Elektrikgeçirijiligiň konsentrasiýa baglylygy R.E. Lentsiň ekwiwalent elektrikgeçirijiligi ( $\lambda$ ) bilen şeýle aňladylýar:

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= \frac{\chi}{C} \cdot 1000 \\ \lambda &= \chi \cdot V \cdot 1000 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

C – erginiň konsentrasiýasy, g – ekw/l,

$V = \frac{1}{C}$  - konsentrasiýa ters ululyk, oňa erginiň gowşadylmasy diýilýär. Ol 1 gram – ekwiwalent eredilen elektrolit saklaýan göwrüme (*l – de*) deňdir.

Ekwiwalent elektrik geçirijiligiň gowşadylma baglylygy **2-suratda** görkezilen. Onuň ölçeg birligi [ $\text{sm}^2/(\text{OM} \cdot \text{g-ekw})$ ].

Ekwiwalent elektrikgeçirijilik (güýçli we gowşak elektrolitlerde) erginiň gowşadylmagy bilen, ýagny konsentrasiýanyň peselmegi bilen güýçlenýär we käbir predele ýetýär. Ol aşakdaky tablisadan görünýär. Käbir elektrolitleriň 25°C-de ekwiwalent elektrikgeçirijiligi [ $\text{sm}^2/(\text{OM} \cdot \text{g-ekw})$ ].

Erginiň konsentrasiýasy g-ekw/l	$\frac{1}{2}$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	HCl	$\text{NH}_4\text{OH}$	KCl	$\frac{1}{2}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4$
1,00	-	332,8	-	111,87	-
0,50	222,5	359,2	-	117,27	-
0,05	272,6	399,09	5,1	133,37	97,75
0,01	336,4	412,00	11,3	141,27	112,44
0,001	399,5	421,36	34,0	146,95	124,15
0,0005	413,1	422,74	47,0	147,81	125,74
0,0000	429,16	426,16	271,4	149,85	129,9

Ergin çäksiz gowşadylanda, elektrikgeçirijilik kationlaryň elektrikgeçirijiliginden ( $\lambda_{+}$ ) we anionlaryň elektrik geçirijiliginden ( $\lambda_{-}$ ) durýar:

$$\lambda_0 = \lambda_{+} + \lambda_{-} \quad (3)$$

Bu ýerde  $\lambda_{+}$  we  $\lambda_{-}$  ion elektrikgeçirijiligi ýa-da **ionlaryň hereketligi diýilýär**. Ol hem [ $\text{sm}^2 / (\text{OM} \cdot \text{g-ekw})$ ] birlikde aňladylýar. Kābir ionlaryň elektrikgeçirijiligi (hereketligi)  $25^{\circ}\text{C}$  – da aşakda getirilen:

[ $\text{sm}^2 / (\text{OM} \cdot \text{g-ekw})$ ]			
Kation	$\lambda_{+}$	Anion	$\lambda_{-}$
$\text{H}^{+}$	349,82	$\text{OH}^{-}$	197,6
$\text{K}^{+}$	73,52	$\text{Cl}^{-}$	76,34
$\text{NH}_4^{+}$	73,4	$\text{NO}_3^{-}$	71,44
$\text{Na}^{+}$	50,11	$\text{HCO}_3^{-}$	44,48
$\frac{1}{2} \text{Ba}^{2+}$	63,64	$\text{CH}_3\text{COO}^{-}$	40,9
$\frac{1}{2} \text{Ca}^{2+}$	59,50	$\frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$	80,0

Diýmek:

**Çäksiz gowşadylan elektrolitiň ekwiwalent** elektrikgeçirijiligi ion elektrikgeçirijiligiň (ionlaryň hereketleriniň) jemine deňdir. Muňa başgaça Kolrauşyň kanuny hem diýilýär.

Hereketlikler  $\lambda_{+}$  we  $\lambda_{-}$  ionlaryň hereketleriniň absolýut tizliklerine  $v_{+}$  we  $v_{-}$  proporsionaldyr. Ýagny:

$$\lambda_{+} = Fv_{+} \quad \text{we} \quad \lambda_{-} = Fv_{-}$$

Bu ýerde  $F = 96500$  kulon (Faradeýiň sany).

Onda: 
$$\lambda_0 = F (v_{+} + v_{-}) \quad (4)$$

**Ý agny:** Çäksiz gowşadylan elektrolitlerde ekwiwalent elektrikgeçirijilik Faradeýiň sanyny ionlaryň absolýut tizlikleriniň jemine köpeldilmegine deňdir.

Ionlaryň hereketligi (подвижность) temperatura we eredijiniň görnüşine baglydyr.

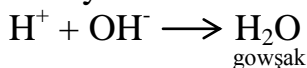
### **Konduktometriýa**

Elektrikgeçirijiligi kesgitlemäge **konduktometriýa** diýilýär. Bu usul dürli maksatlarda, şol sanda analitiki himiýada giňden ulanylýar. Meselem suwlaryň duzlylygyny ölçemekde we beýleki maksatlarda ulanylýar. Has hem analitiki himiýada konduktometrik titrlenme uly ähmiýete eýedir. Bu usul has hem reňkli ýa-da bulanyk erginler titrlemekde amatly. Sebäbi bular ýaly erginleri adaty, indikatorlary ulanyp titrlemek mümkin däl.

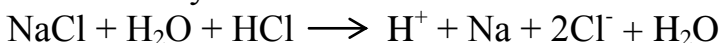
Konduktometrik titrlemede täsirleşýän erginleriň ionlaryndan gowşak dissosiýa geçýän molekulalar emele gelýär we erginiň elektrik geçirijiligi ekwiwalent nokadyna çenli barha gowşaýar. Ekwiwalent nokadyndan geçensoň titrleýän erginiň ionlarynyň sany köpeliýär we elektrikgeçirijilik gaýtadan güýçlenýär. Meselem NaOH ergini HCl ergini bilen titrlenende ol şeýle bolýar:



Ý a-da ekwiwalent nokadynda:



ekwiwalent nokadyndan soň



Diýmek, erkin HCl erginiň elektrikgeçirijiligini ýokarlandyrýar. Bu hadysanyň grafiki şekili **3-nji**



**suratdan** áydyň görüňär. Ondan görnüşi ýaly titrleme egrileriniň döwülýän nokady titrlemäniň ekwiwalent nokadyny aňladýar. Ekwiwalent nokadyna baran pursatynda (5) deňlemä laýyklykda NaOH ergini HCl ergini bilen doly neýtrallaşýar we erginde diňe  $\text{Na}^+$  we  $\text{Cl}^-$  ionlary bolýar. Şonda ekwiwalent elektrikgeçirijilik deňdir ( $25^\circ\text{C}$ ):

$$\lambda_{0,\text{NaCl}} = \lambda_{\text{Na}^+} + \lambda_{\text{Cl}^-} = 50,11 + 76,34 = 126,45$$

Emma güýçli gowşadylan NaOH ergininiň HCl goşulmanka elektrikgeçirijiligi deňdir:

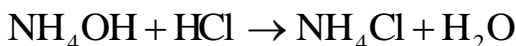
$$\lambda_{0\text{NaOH}} = \underset{(\lambda_{\text{Na}^+})}{50,11} + \underset{(\lambda_{\text{H}^-})}{197,6} = 247,71$$

Diýmek NaOH erginine titrlemek arkaly HCl ergini goşulanda erginiň elektrikgeçirijiligi 247,71-den 126,45 çenli üýtgeýär.

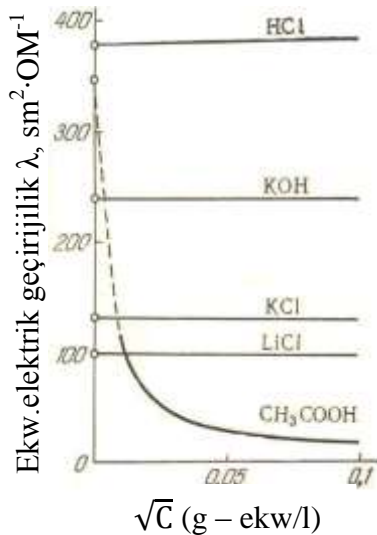
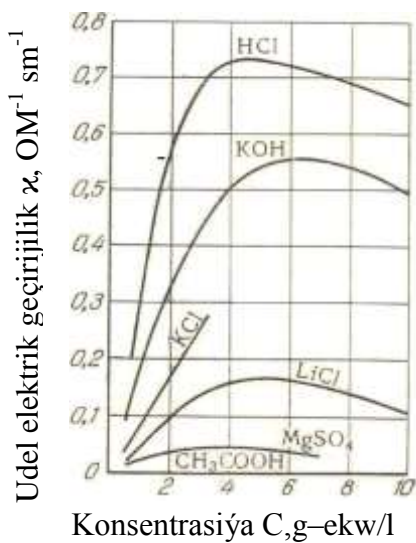
Eger güýçli esas gowşak kislota bilen titrlenýän bolsa, onda ekwiwalent nokadynydan soň emele gelýän artyk gowşak kislota (meselem  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) pes dissosiýasiýa geçýär we erginiň elektrikgeçirijiligi ullakan üýtgemeyär (suratda  $\text{BC}^1$  egri).

Şunuň ýaly ýagdaý güýçli kislota gowşak esas bilen titrlenende hem bolýar.

### **Meselem:**

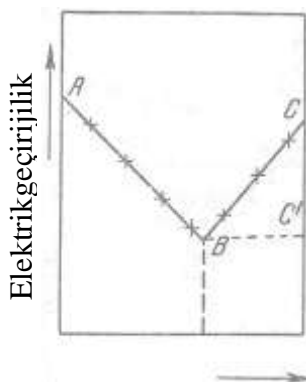


Elektrolitik dissosiýasiýa hadysasy diňe suw erginleri üçin häsiýetli däl. Ol şeýle hem beýleki eredijileriň erginlerinde hem döreýär we ulanylýar.



**Surat 1**  
**Käbir elektrolitleriň udel elektrik geçirijiliginiň konsentrasiýa baglylygy**

**Surat 2**  
**Ekwiwalent elektrik geçirijiliginiň gowşadylma baglylygy**



**Surat 3**  
**Güýçli – esasyň gowşak kislota bilen konduktometrik titrlenmesi**

## Tema № 23

### Elektrod prosesleri we elektrik – hereketlendiriji güýçler. Galwaniki elementler. Elektrod potensiallar.

Elektrod prosesleri öwrenilende **potensiallaryň tapawudy** diýilýän ululykdan giňden peýdalanylýar. Elektrod proseslerine olaryň iki topary degişlidir:

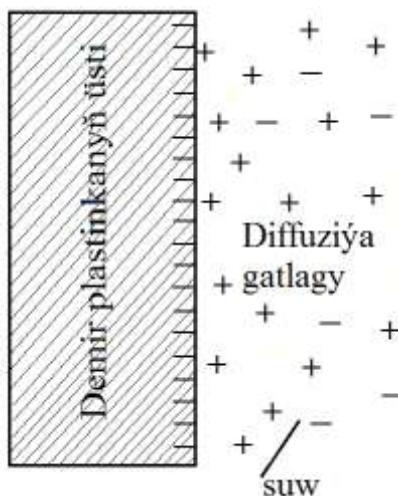
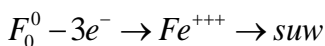
1. Himiki reaksiýanyň netijesinde elektrik togunyň döremegi, meselem **galwaniki elementlerde**;
2. Tersine, **elektrolizde** döreýän himiki prosesler.

Bu iki proses köp halatda özara öwrülişiklidir. Onuň mysaly hökmünde gurşunly akkumulýatory gorkezmek bolar. Ýagny ol daşarky toguň çeşmesi bilen zarýadlandyrylsa himiki reaksiýa bolup geçýär, soňra ol zarýadlanan akkumulýator tok çeşmesi hökmünde ulanylanda elektrodlarda potensiallaryň tapawudyny, ýagny elektrik toguny döredýär.

Bu ýerden görnüşi ýaly, galwaniki elementlerde we elektrolizde okislenme-gaýtarylma reaksiýalary bolup geçýär we atomlaryň (ionlaryň) ýa-da atomlar toparlarynyň zarýady üýtgeýär. Elektrik toguny almak üçin okislenme – gaýtarylma prosesleri aýratynlykda geçer ýaly bolmaly (dürli elektrodlarda). Şonda elektrodlar dürli ýagdaýda bolup, olaryň elektrik potensiallary dürli bolmaly.

Goý aýdaly, demir plastinkasy suwa batyrylan bolsun. Şonda suwuň güýçli polýar molekulalary tarapyndan demir ionlary metaldan üzülip plastinkanyň

üstüne ýakyn ýerleşýän suw gatlagyna geçip başlaýar. Netijede demir plastinkasynda otrisatel zaryadly gatlak, oňa ýanaşyk suwda bolsa položitel zaryadly ionlar emele gelýärler. Netijede metal we ony gurşaýan suw bilen arada käbir potentsiallaryň tapawudy döreýär. Bu ýagdaý dürli metallar üçin dürli potentsiallaryň tapawudyny döredýär. Şeýle ýagdaý metal diňe arassa suwa batyrylanda däl, eýsem erginlere batyrylanda hem döreýär. Onuň shemasy aşakdaky ýaly (**Surat 1**):



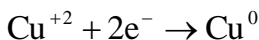
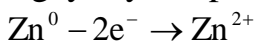
**Surat 1**  
**Ikileýin elektrik gatlak**

Suratdan görnüşi ýaly položitel ionlary beren demir plastinkasynda (-) zaryad, oňa ýanaşyk suw gatlagda bolsa (+) ionlar döreýär. Şolaryň ýanaşyk ýerinde hem elektrik potensial emele gelýär. Şu döreýän iki gatlag **ikileýin elektrik gatlagy** diýilýär.

Ikileýin elektrik gatlagyň galyňlygy erginde erginiň konsentrasiýasyna metalyň zarýadyna we temperatura bagly bolýar. Ol giň çäklerde üýtgäp bilýär. (birnäçe angstromdan mikrona çenli). Bu gatlak **diffuziýa** gurluşyna eýedir we kationlaryň artykmaç konsentrasiýasy metalyň üstünden daşlaşdygyça kemelýär. Bu gatlagy köplenç **diffuziýa gatlagy** diýip atlandyrýarlar. Şeýlelik bilen, metall suwa batyrylanda ýa-da şol metalyň ionyny saklaýan ergine batyrylan, metal/ergin üst böleginde ikileýin elektrik gatlak emele gelýär we metal bilen erginiň arasynda potentsiallaryň tapawudy döreýär. Bu potentsiallaryň tapawudynyň ululygy metalyň häsiýetine, onuň ionlarynyň konsentrasiýasyna we beýleki faktorlara baglydyr

### **Galwaniki elementler.**

Munda iki metaldan durýan sistema, meselem sink (Zn) we mis (Cu) plastinkalary olaryň özleriniň duzunyň erginine batyrylan we diafragma bilen bölünen bolsun. Şonda Zn elektrody Cu elektrodyna garanynda has köp ion ergine bölüp çykarýar we şonuň has ýokary otrisatel zarýad edinýär. Şunda Zn elektrody simjagaz bilen Cu elektrody birleşdirilse Zn elektrodyndan Cu elektrodyna elektronlar geçip başlaýar. Ony elektrik ölçeyji priilor görkezýär. Netijede şu okislenme-gaýtarylma prosesi bolup geçýär:

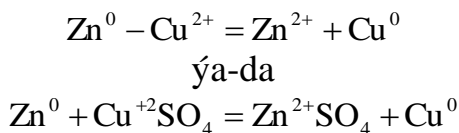


Ýagny Zn plastinkasy ereýär, Cu plastinkada metall Cu bölünip çykýar. Şeýlelik bilen sistemada hemişelik tok döreýär. Bu galwaniki elementler XIX asyryň ortalarynda

Daniýel, B.S. Ýakobi we beýlekiler tarapyndan hödürlenýär.

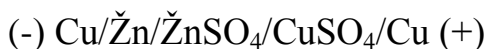
Diýmek galwaniki element himiki reaksiýanyň üsti bilen elektrik toguny almaga mümkinçilik berýän abzaldyr. Şol bir galwaniki elementiň iň uly potensiallarynyň tapawydy (onuň öwrülişikli iş şertlerinde) onuň **elektrik hereketlendiriji güýji** diýilýär. (EHG). (Surat 2)

Galwaniki zynjyryň esasynda okislenme-gaýtarylma reaksiýasy ýatyr. Şol Ýakobiniň elementiniň esasynda şeýle:



$\text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  - okislenme otrisatel elektrodda, gaýtarylma  $\text{Cu}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$  položitel elektrodda bolup geçýär.

Ýakobiniň elementini şeýle ýazmak arkaly aňlatmak şertli kabul edilen:



Adatça otrisatel elektrod çep tarapda, položitel elektrod sag tarapda ýazylyar. Standart şertlere degişli ( $T=298^\circ\text{K}$ ,  $P=1$  atom) EHG-i  $E^\circ$  diýip aňlatsak ýazyp bileris:

Ý agny:  $\text{D} + \text{B} \rightleftharpoons \text{Q} + \text{R}$   
reaksiýada aktiwlikler

$$a'_D = a'_B = a'_Q = a'_R = 1$$

bolsa alarys:

$$E^0 = \frac{RT}{n_e \cdot F} \ln Ka \quad (1)$$

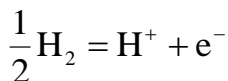
$E^0$  - elementiň kadaly (standart) EHG

Onda  $Ka = \frac{a_Q^{/q} \cdot a_R^{/r}}{a_B^{/b} \cdot a_D^{/d}} \ln Ka$  bahany (1) formula goýsak alarys:

$$E = E^0 - \frac{RT}{n_e F} \ln \frac{a_Q^{/q} \cdot a_R^{/r}}{a_B^{/b} \cdot a_D^{/d}} \quad (2)$$

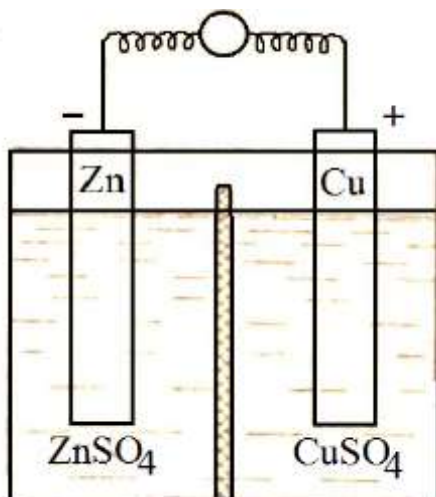
Galwaniki element iki ýarym elementden durýar. Olaryň hersinde bir elektrod bolýar. Entäk gynansakda her ýarym elementiň elektrodyna degişli potentsiallaryň tapawudyny kesgitlemek başartmaýar. Diňe doly zynjyryň EHG-ni takyk gesgitläp bolýar. Şonuň üçin bir standart hökmünde kabul edilen elemntiň potentsialyna görä deňeşdirmek arkaly kabul edilen potentsiallaryň tapawudyndan peýdalanýarlar. Şeýle standart elektrod potentsialy hökmünde wodorodyň potentsialy şertli kabul edilen we onuň potentsialy nola deň diýlip hasaplanýlýar. Normal wodorod elektrodyna  $a_{H^+} = 1$ ;  $p_{H_2} = 1$  atom.

Onuň işleýşi şuňa esaslanan:



Şeýlelikde: şol bir elektrodyň elektrod potentsialy diýlip, onuň normal wodorod elektrodyna degişilikde deň bolan potentsialyna aýdylýar.

Normal elektrod potentsiallar ( $E^\circ$ ) ýörüte tablisalarda berilýär.



**Surat 2**  
**Galwanik elementň shemasy**



## Tema № 24

### Wodorod elektrody. Kalomel elektrody. Elektriki hereketlendiriji güýji we onuň ölçenilişi.

Elektrik hereketlendiriji güýji (EHG) elektrodlaryň potensiallarynyň tapawudy hökmünde aňladylyp bilner:

$$E = E_1 - E_2$$

Haçan – da  $E^0$  – standart EHG,  $\alpha_1$  we  $\alpha_2$  – ionlaryň aktiwligi we  $\alpha_1 = \alpha_2$  bolanda:

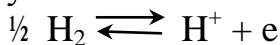
$$E = E_1^0 - E_2^0 = \left( E_1^0 - \frac{RT}{nF} \ell_a \alpha_1 \right) - \left( E_2^0 - \frac{RT}{nF} \ell_n \alpha_2 \right) = E_1 - E_2$$

Eger  $E^0 < 0$  bolsa, potensial otrisatel,  $E^0 > 0$  bolsa potensial položitel bolýar. Elektrodlaryň potensiallaryny deňeşdirme usuly bilen wodorod, kalomel ýa – da beýleki elektrodalaryň normal (kadaly) potensialy bilen deňeşdirilip ölçeyärler.

Wodorod elektrody gaz elektrodlarynyň görnüşine degişlidir. Şeýle elektrodlaryň potensialy erginde diňe wodorod ionlarynyň aktiwligine bagly bolmany, eýsem elektrodda wodorodyň basyşyna we temperatura hem baglydyr.

Onuň görnüşi **1 – nji suratda** getirilen. Elektrod aýna gapdan ybarat bolup, ol derňelýän ergin bilen doldurylýar. Elektrolite platina plastinka batyrylan. Ol platina “çern” bilen örtülen (elektrolitik çökdürilen ýokary dispersli platina). Platina oňat arassalanan wodorod gazy bilen “ýuwulýar”. Erän wodorod bilen doýan platina metallik

elektrod ýaly erginiň wodorod ionlary aşakdaky ion çalyşma sezewar bolýar:

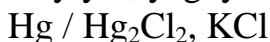


Şonda wodorod elektrodynyň potentsialy bolýar:

$$E_H = E_{H^+}^0 + \frac{RT}{1 \cdot F} \ln \alpha_{H^+}$$

Standart wodorod elektrodynda wodorodyň basyşy 1 atm ( $P_{\text{H}_2} = 1 \text{ atm}$ ), erginde wodorod ionlarynyň aktiwligi  $\alpha_{H^+}=1$  bolmaly. Öň belleýşimiz ýaly şeýle wodorod elektrodynyň potentsialy nola deň diýlip şertli kabul edilen. Elektrod käbir zyýanly maddalara (As, Se,  $\text{H}_2\text{S}$  we başgalar) örän duýgur. Şonuň üçin onuň ulanmak mümkinçiligi çäkli.

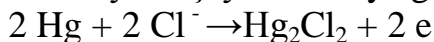
Iň giňden ulanylýan deňeşdirme elektrody bolup **kalomel elektrody** ulanylýar, ýagny



Ýokarda garalan metallik we wodorod elektrodлары birinji kysymly elektrodлара degişli we olar kationlar boýunça öwrülişikli. Kalomel elektrody bolsa ikinji kysymly elektrodлара degişli bolup anionlar boýunça öwrülişiklidir. Material hökmünde aýna gabyň düýbüne guýlan simap hyzmat edýär. (**Surat 2**)

Simap kalomeliň ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) pastasynyň gatlagy bilen örtülýär (1-2 mm). Elektrolit hökmünde KCl ergini ulanylýar. Elektrod simaba batyrylan platinanyň üsti bilen zynjyra birikdirilýär.

Kalomel elektrodynda şeýle reaksiýa geçýär:



we potensial döreýär:

$$E_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2} = E_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2}^0 - \frac{RT}{F} \ln \alpha_{\text{Cl}^-}$$

Kalomel elektrody uly hemişelik potensialy we ýasamysynyň ýeňilligi bilen tapawutlanýar. Tejribede köplenç 0,1 N; 1,0 N we doýgun KCl erginleri ulanylýar. Doýgun KCl erginli kalomel elektrodynyň standart wodorod elektrodyna görä potensialy  $E = + 0,2458\text{w}$ . Şeýle elektrohimiiki ölçeglerde başga – da elektrodlar ulanylýar. Meselem, hlorkümüş, hingidron, surma, aýna we başgalar.

Standart wodorod elektrodyna görä ölçenip tapylan metallaryň we beýlekileriň potensiallaryna **naprýaženiýe** hatary diýilýär. (**Tablisa 1**). Ol bahalar  $25^{\circ}\text{C}$  üçin getirilen. Ondaky otrisatel belgili metallar wodorod elektrody bilen bolan galwaniki elementde ergine degişli ionlary berýärler. Položitel belgili elektrodlar şol şertlerde metalyň elektrodta bölünip çykýandygyny aňladýar. Bu maglumatlar esasynda galwaniki elementiň EHG – ni we elektrodларыň zaryadynyň belgisini kesgitläp bolýar.

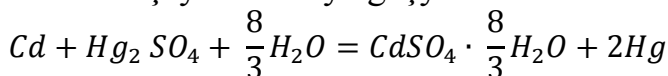
Meselem Ý akobi – Daniýeliň galwaniki elementinde  $\alpha_{\text{Zn}}^{2+}$  we  $\alpha_{\text{Cu}}^{2+}$  – e deň bolanda E deňdir:

$$E = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = 0,34 - (- 0,76) = 1,10 \text{ w}$$

Bu bahalaryň üsti bilen haýsy metalyň erginden haýsy metaly gysyp çykaryp biljekdigini, kislotalardan wodorody haýsy metallaryň çykaryp biljekdigini bilip bolýar. Meselem wodoroddan ýokarda duran metallar ony kislotalardan çykaryp bilýär.

Wodorod elektrody, kalomel elektrody we beýleki agzalan elektrodlar **ýarymelementlerdir**. Olary bizi gyzyklandyrýan elektrod bilen utgaşdyrmak arkaly galwaniki elementi düzýärler we onuň EHG – ni ölçeyärler. (**Surat 3**).

Elektrik hereketlendiriji güýji **kompensasiýa** usuly diýilýän usul bilen ölçeýärler. (**Poggendorfyň usuly**). Onuň shemasy **4 – nji suratda** getirilen. Bu usulda elementi daşarky EHG bilen birleşdirip zynjyry ýapýarlar. Ol daşarky EHG – i üýtgedip we ölçäp bolýar. Ýöne munuň üçin hökman etalan – normal element ulanylmaly, çünki onuň EHG – si hemişelik we belli bolmaly. Bu maksat üçin Westonyň elementi köplenç ulanylýar. (**Surat 5**). Bu elementde şeýle reaksiýa geçýär:



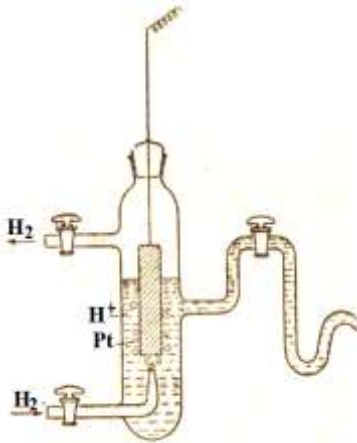
Onuň EHG = 1,0183 w (20°C).

Kompensasiýa usulynyň işleýiş prinsipi şeýle. Hemişelik tok geçmesi (1), (meselem oňat zarýadlanan akkumulýator) simjagazyň uçlaryna birikdirilýär. Onuň garşylygy 16-20 om. Sim “ab” çyzyga dartylan. (reohorda). Simiň uzynlygy 1 metr we kese – kesigi onuň ähli uzynlygynda birmeňzeş. Reohordanyň şkalasy her 1 mm bölünen. Hereketli kontakt (8) akkumulýatordan dürli EHG – i almaga ygtyýar berýär. Ölçeği normal element (4) bilen kompensasiýa etmekden başlaýarlar. Munuň üçin (6), (7) we (5) kontaktlary ýapýarlar we hereketli kontakt (8) simiň boýuna zynjyra birikdirilen galwonometriň strelkasy nol bolýança süýşürýärler. Bu ýagdaýda zynjyrdaky tok geçenok we iki gapma – garşylykly ötürilen EHG – ler bir – birini **kompensasiýa** edýär. Soňra reohordadan üleşleriň sanyny ( $\ell_1$ ) ýazyp alýarlar. Soňra şeýle operasiýany derňelýän (2) elementi birikdirip geçirýärler we kompensasiýa bolansoň ýene – de üleşleriň sanyny ( $\ell_2$ ) belläp alýarlar. Derňelýän elementiň EHG – i şu gatnaşyk boýunça kesgitleýärler:

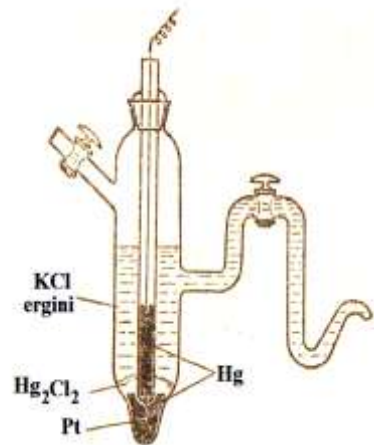
$$\frac{E_N}{E_X} = \frac{\ell_1}{\ell_2}$$

Bu ýerde:  $E_N$  – normal elementiň EHG – i  
 $E_X$  – derňelýän elementiň EHG – i

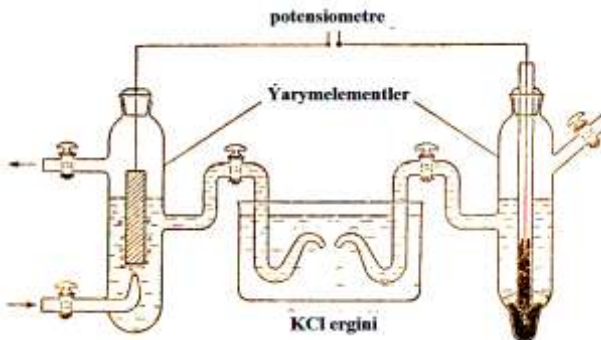
Bu ölçegi adatça 1 – 3 mw takyklyk bilen geçirip bolýar. Munuň üçin häzirki wagtda potensiometrler giňden ulanylýarlar.



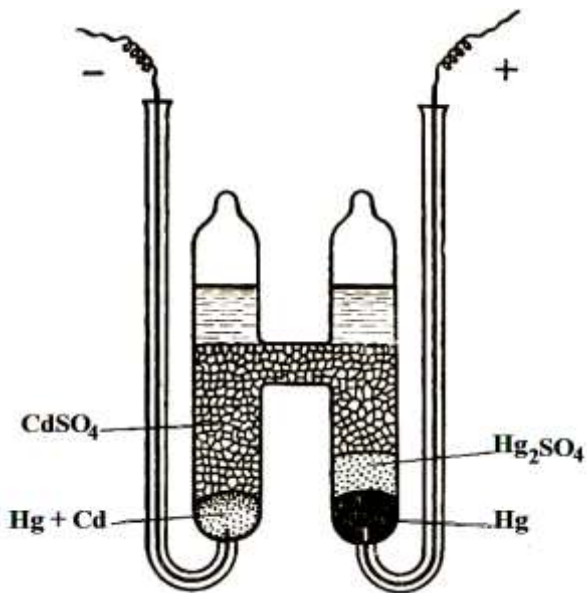
**Surat 1**  
**Wodorod elektrody**



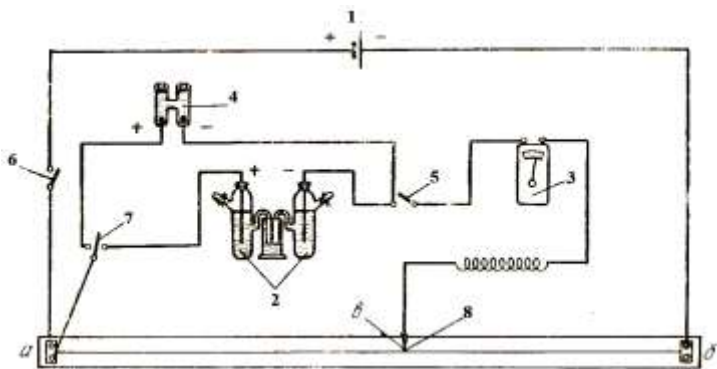
**Surat 2**  
**Kalomel elektrody**



**Surat 3**  
**Galwaniki element**



**Surat 4**  
**Westonyni elementi**



**Surat 5**  
**Kompensatsiya usulynyň shemasy**  
**Kadaly, standart elektrod potensiallar ( $E^0$ )**

## A. Kationlara görə övrümlü elektrodlar

Elektrod	Elektrod potensialy	$E^0, w$
$Li^+/Li$	$Li^+ + e \rightleftharpoons Li$	-3,01
$K^+/K$	$K^+ + e \rightleftharpoons K$	-2,92
$Ba^{2+}/Ba$	$Ba^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ba$	-2,92
$Ca^{2+}/Ca$	$Ca^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ca$	-2,84
$Na^+/Na$	$Na^+ + e \rightleftharpoons Na$	-2,71
$Mg^{2+}/Mg$	$Mg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mg$	-2,38
$Al^{3+}/Al$	$Al^{3+} + 3e \rightleftharpoons Al$	-1,66
$Mn^{2+}/Mn$	$Mn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Mn$	-1,05
$Zn^{2+}/Zn$	$Zn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Zn$	-0,76
$Fe^{2+}/Fe$	$Fe^{2+} + 2e \rightleftharpoons Fe$	-0,44
$Cd^{2+}/Cd$	$Cd^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cd$	-0,40
$Co^{2+}/Co$	$Co^{2+} + 2e \rightleftharpoons Co$	-0,27
$Ni^{2+}/Ni$	$Ni^{2+} + 2e \rightleftharpoons Ni$	-0,23
$Sn^{2+}/Sn$	$Sn^{2+} + 2e \rightleftharpoons Sn$	-0,14
$Pb^{2+}/Pb$	$Pb^{2+} + 2e \rightleftharpoons Pb$	-0,126
$D^+/D_2$	$D^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2} D_2$	-0,0035
$H^+/H_2$	$H^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2} H_2$	$\pm 0,0000$
$Cu^{2+}/Cu$	$Cu^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cu$	+0,34
$Cu^+/Cu$	$Cu^+ + e \rightleftharpoons Cu$	+0,52
$Hg_2^{2+}/Hg$	$1/2 Hg_2^{2+} + e \rightleftharpoons Hg$	+0,807
$Hg^{2+}/Hg$	$Hg^{2+} + 2e \rightleftharpoons Hg$	+0,85
$Ag^+/Ag$	$Ag^+ + e \rightleftharpoons Ag$	+0,799
$Au^+/Au$	$Au^+ + e \rightleftharpoons Au$	+1,7

## B. Anionlara görə övrümlü elektrodlar

Elektrod	Elektrod potensialy	$E^0, w$
$S^{2-}/S$	$S + 2e \rightleftharpoons S^{2-}$	-0,51
$OH^-/O_2$	$1/2 O_2 + H_2O + 2e \rightleftharpoons 2OH^-$	+0,40
$I^-/I$	$1/2 I_2 + e \rightleftharpoons I^-$	+0,536
$Cl^-/Cl_2$	$1/2 Cl_2 + e \rightleftharpoons Cl^-$	+1,358

## Tema № 25

# Erginiň PH-ny potensiometrík kesgitlemek. Potensiometrík titrleme. Elektroliz. Metallaryň elektrohimiki korroziýasy.

Galwanik elementleriň zynjyrynda döreýän EHG-i ölçemek arkaly käbir häsiýetleriň kesgitlenmegine **potensiometrík kesgitleme** diýilýär. Şolardan erginlerde pH-y kesgitlemek we potensiometrík titrleme iň köp ulanylýanydyr.

Potensiometrík ölçemegiň esasynda himiki okislenme – gaýtarylma reaksiýalaryň dürli termodinamiki parametrlerini hem kesgitlemek mümkin. Has hem izobar potensialy, deňagramlyk hemişeligi kesgitlemek uly ähmiýete eýedir.

Wodorod elektrodynyň potensialy wodorod ionlarynyň aktiwligi bilen ýönekeý gatnaşykda baglaşylan, ýagny:

$$E_{H^+} = \frac{RT}{F} \ln a_{H^+}$$

Bilşimiz ýaly –  $\lg [H^+] = \text{pH}$

Diýmek, wodorod elektrodyny saklaýan zynjyryda EHG-i ölçemek arkaly  $a_{H^+}$  we pH kesgitlenip bilinýär. Şol zynjyryda wodorod elektrodnyndan başga-da hingidron, surma, aýna we beýleki elektrodlar hem ulanylyp bilner. Potensiometrík usulyň kömegi bilen diňe  $a_{H^+}$  we pH kesgitlenmän, eýsem kislotalaryň ýa-da esaslaryň umumy konsentrasiýalary hem kesgitlenýär. Muňa **potensiometrík titrleme** diýilýär. Munda titrlenýän ergine elektrod



batyrylýar we onuň potensialy titrleme prosesinde üýtgeýär. Ekwiwalent nokadynda ol ýiti üýtgeýär. Prosesiň gidişi kislota we esasyň güýjine bagly. Ekwiwalent nokady has ýiti ýüze çykýar, haçan-da güýçli esas bilen güýçli kislota titrlenende we konsentirlenen erginlerde. Şunda alynan maglumatlar grafiki aňladylýar. Absissada kislota (ýa-da) esasyň mukdary, ordinatada bolsa pH ýa-da E goýulýar. (**surat 1**) Onda güýçli kislota güýçli esas bilen titrlemesiniň potensiometr egrileri görkezilen. Haçan-da gowşadylan erginler ulanylanda ekwiwalent nokady onçakly ýiti bolmaýar (2). Haçan-da gowşak kislota güýçli esas bilen titrlenende, ekwiwalent nokady neýtral sreda däl-de, eýsem pH-yň ýokary bahaly zolagyna süýşýär. (**surat 2**) Şol süýşmek kislota näçe gowşak bolsa şonça uly bolýar (2). Gowşak kislota gowşak kislota bilen titrlenende has ýapgyt egriler emele gelýär we ekwiwalent nokady ýiti duýulmaýar.

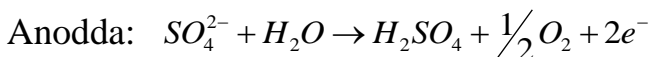
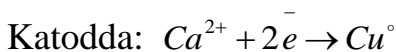
Potensiometr titrleme arkaly käbir maddalaryň pH-yň dürli bahalarynda çökündi emele getirmek häsiýetinden peýdalanyň olary hersini aýratynlykda çökdürüp çykarmak mümkin. Meselem  $Mg^{2+}$  we  $Ca^{2+}$  ionlaryny aşgar goşmak arkaly pH-yň dürli bahalarynda olary  $Mg(OH)_2$  we  $Ca(OH)_2$  görnüşinde erginden bölekleyin çökdürmek mümkin. Sebäbi olaryň ereýjiliginde uly tapawut bar:

$$EKH_{Mg(OH)_2} = 1,2 \cdot 10^{-11}; \quad EKH_{Ca(OH)_2} = 3,1 \cdot 10^{-5}$$

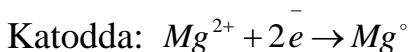
Şonuň üçin  $pH > 9$  bolanda  $Mg(OH)_2$  ilkinji çökýär, soňra  $Ca(OH)_2$  çöküp başlaýar (**surat 3**).

Umuman potensiometr usul dürli fiziki – himiki derňewlerde giňden ulanylýar.

**Elektroliz prosesi:** Hemişelik elektrik togunyň täsiri astynda bolup geçýän proseslere **elektroliz** diýilýär. Bular hem okislenme – gaýtarylma reaksiýalaryna esaslanan. Elektrolitler hökmünde suw erginleri ýa-da rasplawlar ulanylýar. Olara iki elektrod – anod (+) we katod (-) elektrodлары ýerleşdirilýär we olar hemişelik tok çeşmesine degişli zaryadlary boýunça birikdirilýär. Şonda anodda gaýtarylma katodda bolsa okislenme prosesleri bolup geçýär. Meselem  $\text{CaSO}_4$ -yň suw ergininde platina elektrodлары bolanda ol şeýle:



ýa-da  $\text{MgCl}_2$  rasplawynda:



Elektroliz senagatda dürli maksatlarda giňden ulanylýar. Meselem onuň kömegi bilen dürli reňkli metallar – Mg, Al, Cu we beýlekiler, NaOH, KOH,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$  başga-da köp sanly maddalar öndürilýär. Şeýle onuň kömegi bilen gara metallaryň üstüne korroziýa çydamly metallar örtülýär, meselem nikel we başgalar.

Erginiň üstünden tok goýberilende **polýarizasiýa** hadysasy ýüze çykýar. Olar elektrodларыň arasynda döreýän uly bolmadyk potensiallaryň tapawudyny aňladýar we ol daşardan berilýän EHG-iň garşysyna döreýär. Onuň iki görnüşi bar: **himiki** we **konsentrasiýa polýarizasiýa**.

Himiki polýarizasiýa bir ýa-da birnäçe himiki prosesleriň elektrodda haýallanmagy zerarly döreýär, meselem ionlaryň emele gelmegi we başgalar.

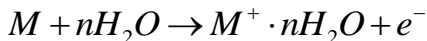
Konsentrasion polýarizasiýa elektroliz prosesinde katod we anod giňişliginde elektrolitiň konsentrasiasynyň üýtgemegi sebäpli ýüze çykýar. Meselem  $\text{AgNO}_3$  elektrolizinde (kümüş elektrodly) katodda  $\text{Ag}^+$  azalýar, emma ol anodda artýar. Bu bolsa EHG-iň garşysyna bolan konsentrasion polýarizasiýany döredýär. Elektroliziň geçmegi üçin döredilmeli potensiallaryň iň az tapawydynda **dargama potensialy** ýa-da dargama napryaženiýesi diýilýär. Gowşadylan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  erginleriniň platina elektrodly elektroliziniň dargama potensialy 1,7 ýakyn. Bu şolaryň hemmesinde şol bir reaksiýa geçýändigini ýagny katodda wodorodyň, anodda kislorodyň bölünip çykýanlygy bilen düşündirilýär. Elektroliz Fradeýiň kanunlary boýunça amala aşyrylýar. Elektroliz prosesinde bölünip çykýan maddalaryň mukdary berilýän togyň mukdaryna we gatnaşýan ionlaryň elektrohimiýa ekwiwalentlerine proporsionaldyr. Bu diýildigi elektrik tokyň şol bir mukdarynda ähli ionlaryň şol bir ekwiwalent mukdary bölünip çykýar. Bir gram-ekwiwalent islendik maddany bölüp çykarmak üçin 96500 kulon elektrik togu gerek. Oňa Fradeýiň sany diýilýär.

### **Metallaryň elektrohimiýa korroziýasy**

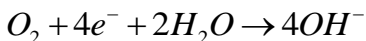
**Korroziýa** diýlip metallaryň daşarky sreda bilen täsirleşip himiki ýa-da elektrohimiýa reaksiýalaryň netijesinde dargamagyna, iýilmegine aýdylýar. Korroziýa metalyň üstinde we içki çuňlugynda bolup bilýär.

Elektrohimiki korroziýa metalyň suw, çygly howa, toprak, kislotalar bilen täsirleşmegi netijesinde döreýär.

Meselem suwuň täsirinde metalyň korroziýasy şeýle geçýär:



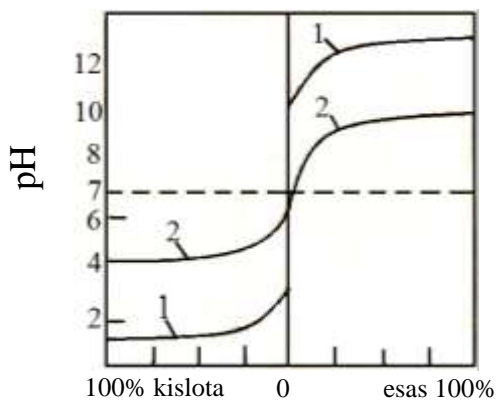
Elektronlaryň katodda birleşme emele getirmesi haýsy-da bolsa bir okislendiriji bilen amala aşyrylýar. Bu has gara metallaryň (demir, polat) korroziýasynda şeýle bolýar. Bularda howanyň kislorody metalyň galtaşýan suw sredasynda elektronlary aşakdaky ýaly birleşdirýär we oňa kislород **depolyarizasiýasy** diýilýär:



Görşümüz ýaly metalyň korroziýasy zerarly çykarýan elektronlary kislород bilen birleşýär. Köp korroziýa proseslerinde katod depolyarizasiýasy wodorod ionlaryň täsirleşmesinde bolup geçýär we oňa **wodorod depolyarizasiýasy** diýilýär:

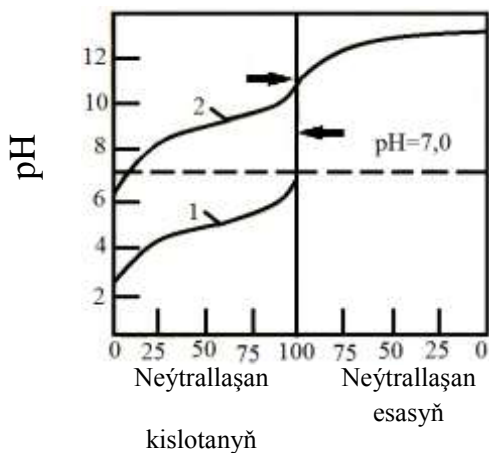


Halk hojalygynda korroziýanyň zyýany uludyr. Şonuň üçin onuň garşysyna dürli usullar ulanylýar. Meselem gara metallaryň üstüne korroziýa çydamly reňkli metallar çaymak (Ni, Zn, Cr we başgalar), reňklemek, laklamak we käbir elektrohimiki usullar ulanylýar. Şeýle hem korroziýanyň garşyna **ingibitorlar** diýilýän ýörite maddalar hem ulanylýar. Olar korroziýanyň tizligini haýalladýar.



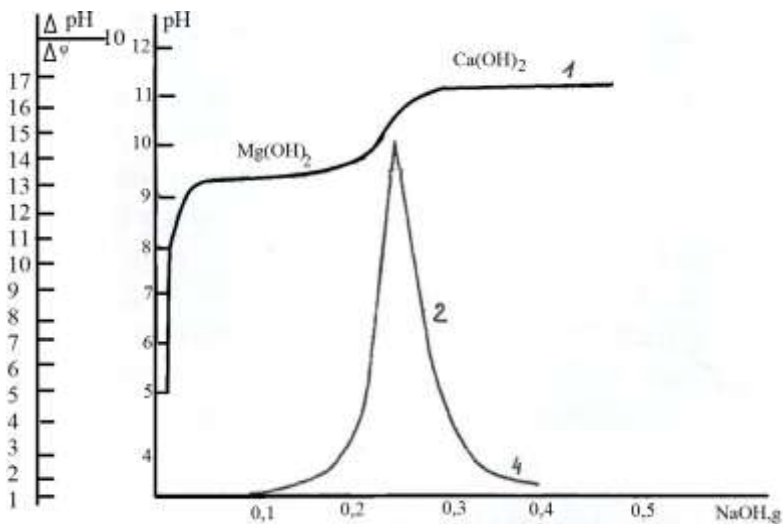
**Surat 1**

**Güýçli kislotaňyň güýçli esas bilen potensiometrik titrlenmesi**  
**1-0,1 N erginler**  
**2- $10^{-4}$  N erginler**



**Surat 2**

**Güýçli esas bilen güýçli kislotaňyň (1) we gowşak kislotaňyň (2)**  
**potensiometrik titrlenmesi  $\phi$**



**Surat 3**

**Erginlerden  $\text{Mg}^{2+}$  we  $\text{Ca}^{2+}$  ionlaryny NaOH goşmak arkaly pH-yň dürli bahalarynda  $\text{Mg(OH)}_2$  we  $\text{Ca(OH)}_2$  görnüşlerinde çökdürmegiň potensiometrik egrileri.**

- 1 - integral görnüşde**
- 2 - differensial görnüşde**

# **Tema № 26**

## **Himiki kinetika.**

### **Gomogen reaksiýalaryň tizliginiň konsentrasiýa baglylygy. Himiki reaksiýalaryň kinetiki klassifikasiýasy.**

Himiki kinetika diýlip reaksiýalaryň geçişiniň tizligi we onuň dürli faktorlara baglylygy hakdaky taglymata aýdylýar. Çünki geçiş tizligi boýunça himiki reaksiýalar örän çalt (meselem partlama), örän haýal (meselem poslama, mineral emele gelme) we aralyk tizliklerde bolup bilýärler. Mukdar taýdan reaksiýanyň tizligi reaksiýa gatnaşýan maddalaryň konsentrasiýalarynyň üýtgemegi bilen häsiýetlendirilýär. Ol differensial görnüşde şeýle aňladylyp bilner:

$$v = \pm \frac{dc}{d\tau} \quad (1)$$

C – konsentrasiýa

$\tau$  – wagt

Bu ýerde ( $\pm$ ) başlangyç ýa – da önüm maddanyň konsentrasiýasynyň üýtgemeginiň hasaba alnyşyna bagly. Ýagny, ahyrky we başlangyç konsentrasiýalaryň tapawudy boýunça:

$$dc = C_2 - C_1$$

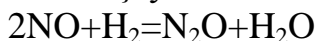
deňleme boýunça. Eger  $C_2 > C_1$  bolsa (+),  $C_2 < C_1$  bolsa ol (–) bolýar.

Himiki täsirleşmäniň mümkinçiligi maddalaryň molekulalarynyň, atomlarynyň, ionlarynyň özara çaknyşmasynyň ýygylýgyna baglydyr. Şol çaknyşmalar bolsa şol bölejikleriň konsentrasiýasyna bagly. Şu ýerden hem **massalaryň täsiri kanuny** gelip çykýar.

Ol şeýle okalýar:

Hemişelik temperaturada himiki reaksiýanyň tizligi reagirleşýän maddalaryň konsentrasiýalarynyň köpeltmek hasylyna **proporsionaldyr**. (Guldber we Waage, 1867 ý.)

Gomogen reaksiýalarda ol şeýle:



göni reaksiýanyň tizligi:

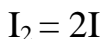
$$\vartheta = K C_{\text{NO}}^2 \cdot C_{\text{H}_2} \quad (2)$$

K – reaksiýanyň tizliginiň konstantasy.

Ol başlangyç maddalaryň konsentrasiýalarynyň 1 deň bolandaky tizligidir.

Himiki reaksiýalaryň kinetikasy şeýle klassifikasiýalara bölünýär: **Molekulýarlyk we reaksiýanyň tertibi**. Reaksiýanyň molekulýarlygy himiki öwrülişige gatnaşýan molekulalaryň sany bilen kesgitlenýär. Olar bolup bilýärler: birmolekulýar (monomolekulýar), ikimolekulýar (bimolekulýar) we üçmolekulýar (trimolekulýar.)

Birmolekulýar reaksiýalara meselem şu gaz reaksiýasy degişli:

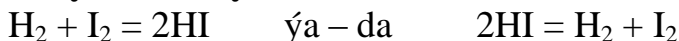


munda

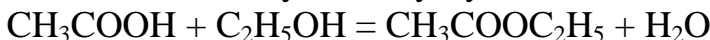
$$\vartheta = K C \quad (3)$$



### **Ikimolekulýar reaksiýa:**



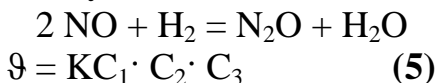
### **Meselem** etirifikasiýa reaksiýasy:



Bularda:

$$\vartheta = K C_1 \cdot C_2 \quad (4)$$

Üçmolekulýar reaksiýa:



$$\vartheta = K C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \quad (5)$$

Molekulalaryň sany tizligiň deňlemesinde konsentrasiýanyň derejesinde ýazylýar:

Ýokardaky reaksiýa üçin ol şeýle:

$$\vartheta = K C_{\text{NO}}^2 \cdot C_{\text{H}_2}$$

### **Reaksiýanyň tertibi:**

Reaksiýanyň tertibi – bu tizligiň deňlemesindeki reagirleşýän maddalaryň konsentrasiýalarynyň dereje görkezijileriniň jemidir. Tertibi boýunça reaksiýalar bolýarlar: **birinji** tertipli, **ikinci** tertipli, **üçünji** tertipli (ondan ýokary tertipli duşmaýar). Şeýle hem **nol** tertipli reaksiýa bolýar.

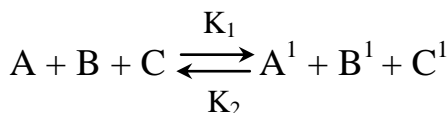
Birinji tertipli reaksiýalara tizligiň konsentrasiýa baglylygynyň şu deňlemesi degişlidir (3):

$$\vartheta = K C$$

Ikinji tertipli reaksiýalara bolsa şu deňleme degişli (4):

$$\vartheta = K C_1 C_2$$

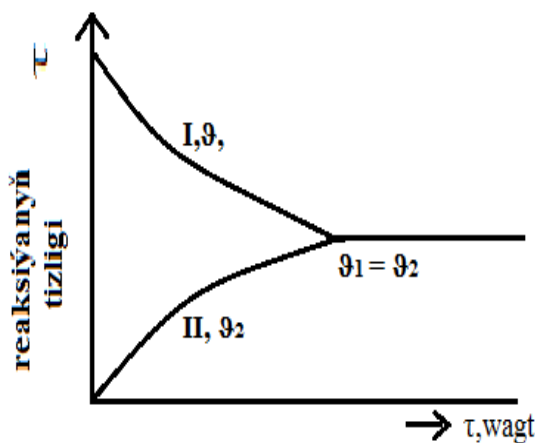
**Öwrülišikli reaksiýalarda** olaryň tizligi göni we ters reaksiýalaryň tizlikleriniň arasyndaky tapawudyna deňdir. Ýagny:



Umumy tizlik deňdir:

$$-\frac{dc}{d\tau} = K_1 C_A \cdot C_B \cdot C_C - K_2 C_{A^1} \cdot C_{B^1} \cdot C_{C^1} \quad (6)$$

Ýagny, göni reaksiýanyň tizligi barha azalýar, ters reaksiýanyň tizligi bolsa barha ulalýar. Himiki deňagramlylyk pursatynda ol tizlikler deňleşýärler. Ol aşakdaky suratdan görüňär (**surat 1**).



**Surat 1**

**Öwrülišikli reaksiýada göni we ters reaksiýalaryň tizlikleriniň wagta baglylygy**

Deňagramlylyk ýagdaýynda  $\theta_1 = \theta_2$

Onda ýazyp bileris:

$$K_1 C_A \cdot C_B \cdot C_C = K_2 C_{A^1} \cdot C_{B^1} \cdot C_{C^1}$$

Bu ýerden: 
$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{C_{A^1} \cdot C_{B^1} \cdot C_{C^1}}{C_A \cdot C_B \cdot C_C};$$

Bilşimiz ýaly, bu deňligiň sag tarapy deňagramlylyk hemişeligini (K) aňladýar.

Onda

$$K_C = \frac{K_1}{K_2} \quad (7)$$

Diýmek, **deňagramlylyk hemişeligi** göni we ters reaksiýalaryň tizlikleriniň hemişelikleriniň gatnaşygyna deňdir.

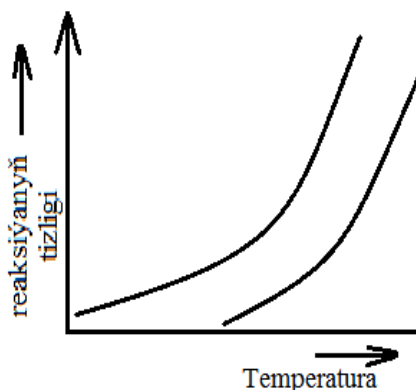
**Reaksiýanyň tizligine temperaturanyň täsiri. Aktiwleşmek energiýasy.**

Temperaturanyň ýokarlanmagy bilen reaksiýanyň tizligi ulalýar. Meselem,  $300^{\circ}\text{C}$  – de  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$  reaksiýanyň tizligi kiçi, emma  $700^{\circ}\text{C}$  – de bu, reaksiýa örän tiz, hatda partlama görnüşinde geçýär. Reaksiýanyň tizliginiň konstantasy (K) ters temperatura baglylykda natural logarifm görnüşinde şeýle aňladylýar.

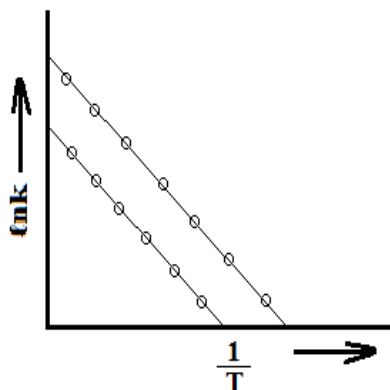
Ý agny,

$$\ln k = \frac{A}{T} + B \quad (8)$$

bu ýerde A we B, berlen reaksiýa üçin individual hemişelikler. Bu deňlemä **Arreniusyň deňlemesi (1989)** diýilýär. Bu deňleme boýunça reaksiýanyň tizliginiň ters temperatura baglylygy göni çyzyklar görnüşinde bolýar. Ol aşakdaky suratlarda görünýär (**surat 2 we surat 3**).



**Surat 2**  
**Reaksiýanyň tizliginiň**  
**temperatura baglylygy**



**Surat 3**  
**Reaksiýanyň tizliginiň**  
**konstantasynyň logorifminiň**  
**ters temperatura baglylygy**

Arrenius  $\Delta U$  hemişelik diýip hasaplap we (8) deňlemäni ulanyp şeýle deňlemeleri alypdyr:

$$\ln k_1 = -\frac{E_1^*}{RT} + B_1 \quad \text{we} \quad \ln k_2 = -\frac{E_2^*}{RT} + B_2 \quad (9)$$

$B_1$  we  $B_2$  – integrirlemäniň hemişelikleri

$E_1^*$  we  $E_2^*$  ulylyklara **aktiwleşmek energiýasy** diýilýär.

Aktiwleşmek energiýasy uly bolan reaksiýalaryň tizlikleri temperatura baglylykda güýçli üýtgeýärler. Aşakda kabir reaksiýalaryň aktiwleşmek energiýasy getirilen (kkal/mol).

Reaksiýa	Temperature $^{\circ}\text{C}$	$E^*$
$\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$	300 – 500	39,7
$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$		32,0
$\text{C}_2\text{H}_4 = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2$	780 – 880	60,0

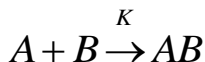
Umuman aktiwleşmek energiýasy – bu molekulalar  
özara çaknyşanda olaryň özara täsir edişmegi üçin gerek  
bolan energiýanyň artykmaç mukdarydyr.

## Tema № 27

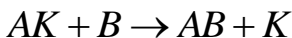
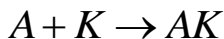
### Kataliz. Gomogen we geterogen kataliz. Zynjyr reaksiýalary

Käbir maddalaryň täsiri astynda reaksiýanyň tizliginiň üýtgemek hadysasyna **kataliz** diýilýär. Şol tizligi üýtgedýän, emma özleri reaksiýanyň netijesinde üýtgewsiz galýan maddalara **katalizator** diýilýär. Olar reaksiýany çaltlaşdyrýarlar. Kataliziň iki görnüşi bar: **gomogen** we **geterogen** kataliz. Gomogen kataliz bu – haçan-da katalizator täsirleşýän maddalar bilen birmeňzeş fazada bolanda, eger-de olar dürli fazalarda bolsalar, onda oňa geterogen kataliz diýilýär. Janly organizimlerde katalizatoryň rolynny **fermentler** ýerine ýetirýärler.

Katalizatoryň işleýiş mehanizimi şeýle. Ýagny katalizator ilki täsirleşýän maddalaryň biri bilen aralyk birleşme emele getirýär, soňra ol aralyk birleşme täsirleşýän maddalaryň beýlekisi bilen täsirleşip ahyrky önümi emele getirýärler, katalizator bolsa boşaýar. Meselem



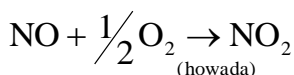
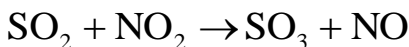
Şeýle tapgyrlardan durýar:



Katalizator esasan täsirleşýän maddalaryň talap edýän işjeňlik energiýasyny peseldýär. Meselem aşakdaky ýaly

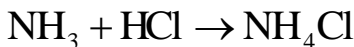
Reaksiýa	Katalizator	Işjeňlik energiýasy, E <sup>*</sup> (kal/mol)	
		Katalizatorsyz	Katalizatoryň gatnaşmagynda
Ammiagyň dargamagy	W	70800	39000
Azot okisiniň dargamagy.	Pt	58500	32500
Duz kislotasynyň ergininde sahorozanyň dargamagy	Inwerfaza (Ferment)	25600	9400

Gomogen kataliziň mysaly hökmünde aşakdaky prossesi görkezmek bolar:

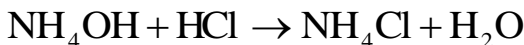
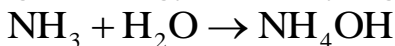


Şu ýerde NO<sub>2</sub> katalizator hökmünde gatnaşýar. Bu proses kükürt kislotasy önümçiliginde ulanylýar.

Gomogen kataliz erginlerde köplenç H<sup>+</sup> ýa-da OH<sup>-</sup> ionlaryň täsirinde geçýär. Meselem adaty ýagdaýda şu reaksiýa geçmeýär:



Emma suwuň gatnaşmagynda ol şeýle geçýär:



Şu ýerde  $H_2O$  katalizatoryň işini ýerine ýetirýär. Şeýle mysallar başga-da köp. Olar himiýa senagatynda we laboratoriyalarda giňden peýdalanylýar.

**Geterogen** katalizda reaksiýa katalizatoryň üstünde bolup geçýär. Şonuň üçin katalizatoryň işjeňligine onuň üstüniň gurluşy, ýagdaýy, häsiýetleri, ululygy we beýleki üst hadysalary köp täsir edýär. Munda täsirleşýän maddalaryň katalizatoryň **işjeň merkezleri** tarapyndan adsorbsiýa edilişine bagly. Eger şol bir maddanyň şol bir üstünde işjeň merkezleri bolmasa ol katalizator ýeterlik işlemeýär. Munuň üçin katalizatorlar ýörite talaplara görä taýýarlanylýar. Meselem işjeň  $Al_2O_3$  katalizatory etil spirtini degidratasiýa etmek arkaly etileni almakda ulanylýar. Emma adaty ýörite taýýarlanmadyk  $Al_2O_3$  reaksiýany çaltlandyryp bilmeýär, çünki şol gerekli işjeň merkezleriň bolmanlygy üçin.

Geterogen kataliz dürli himiki önümçiliklerde giňden ulanylýar. Meselem kükürt, azot kislotalarynyň we beýlekileriň öndürilişinde Wanadiý, platina, demir katalizatorlary ulanylýar. Katalizatorlar has hem organiki birleşmeleri almakda ulanylýar. Wodoroddan we uglerod okisinden metil spirtiniň göni sintezi geterogen katalizatoryny ulanmak arkaly alynýar. Metil spirtini mis katalizatorynyň gatnaşmagynda okislendirmek arkaly formaldegid almak mümkin. Ol plastmassa önümçiliginde ulanylýar. Şol uglerod okisinden we wodoroddan suwuk organiki önümleri almak mümkin. Şeýle hem geterogen kataliziniň üsti bilen nebiti kreking edip ýeňil motor ýangyçlary alynýar. Oňa **katalitiki kreking** diýilýär we nebitiň termiki krekingi ýaly senagatda ulanylýar. Özi

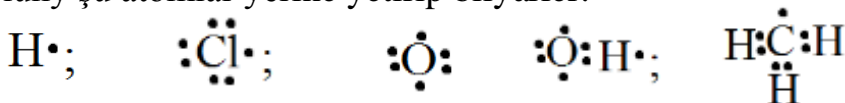


Katalizator bolmany, ýöne katalizatorlaryň katalitik täsirini ulaldýan maddalara **promotorlar** diýilýär.

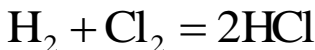
Tersine, himiki reaksiýanyň tizligini peseldýän maddalara **ingibitorlar** diýilýär.

### Zynjyr reaksiýalary.

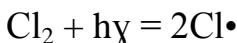
Şundan oň biziň seredip geçen reaksiýalarymyz ýönekeý, ýagny adaty reaksiýalardyr. Ýöne has çylşyrymly ýagdaýda geçýän reaksiýalaryň hem uly topary bar. Bu reaksiýalarda öňýanyndaky himiki täsirleşme soňraky täsirleşmä täsir edýär we yzygider zynjyr hataryny emele getirýär. Bulardan esasan atomlar, ionlar ýa-da radikallar görnüşindäki **işjeň merkezler** gatnaşýarlar. Olar bolsa jübtleşmedik elektronlarynyň barlygy sebäpli ýokary reaksiýa işjeňligi ýüze çykarýarlar. Şeýle işjeň merkezleriň roluny şu atomlar ýerine ýetirip bilýärler:



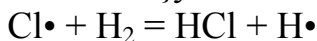
**Mysal** hökmünde HCl-yň sintezini almak mümkin:



Bu reaksiýa ýagtylygynň täsiri astynda döreýär. Ýagny hloryň molekulasy ( $\text{Cl}_2$ ) tarapyndan şöhle energiýasynyň “hý” kwantynyň ýuwdylmagy ony oýarýar – ýagny onuň atomlarynyň yrgyldysyny artdyrýar. Eger yrgyldama energiýasy atomlar arasyndaky energiýadan aýs, molekula dargaýar. Bu **fotohimiki dissisiýasiýany** şeýle aňlatmak mümkin:



Emele gelen hlor atomy ( $\text{Cl}\bullet$ ) wodorodyň molekulasy bilen aňsat täsirleşýär:



Öz nobatynda işjeň wodorod atomy ( $\text{H}\bullet$ ) hloryň molekulasy bilen ýeňil täsirleşýär:



Şu mysalda şeýle emele gelmeleriň sany 100000 çenli ýetýär. Bu diýildigi bir ýuwdylan kwant ýüz müň  $\text{HCl}$  molekulasyny emele getirýär. Bu zynjyr erkin atom gabyň diwary bilen çaknyşanda tamamlanýar. Zynjyr reaksiýalaryna **ýadro zynjyr reaksiýalary** hem degişlidir. Olar atom reaktorlarynda bolup geçýär, şeýle hem atom bombalary partlanda. Munda işjeň bölejigiň roluny neýtron ýerine ýetirýär. Ýagny neýtronyň atom ýadrosyna aralaşmagy onuň dargamagyna we uly energiýanyň bölünip çykmagyna getirýär. Şunda üzüňsiz erkin neýtronlary emele gelmegi ýadro reaksiýasynyň zynjyrynyň dowam etmegine getirýär. Zynjyr reaksiýalaryny öwrenmekde akademik N.N.Semýonowyň işleriniň ähmiýeti uludyr. Şolaryň esasynda atom we beýleki ýadro ýaraglary, energiýasy ulanylyp başlandy. Umuman, himiki we ýadro reaksiýalarynyň tizlikleriniň geçişiniň dürli görnüşleri bar. Olary dolandyrmak we ulanmak himiki kinetikanyň kanunlaryna daýanýar.

# GOŞUNDYLAR

## (maglumatnamalar)

1-nji tablisa

### Käbir fundamental fiziki hemişelikler

Hemişelik	Belgisi	San bahasy
Ý agtylyk tizligi	c	$2,9979246 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
Plankyň hemişeligi	h	$6,62618 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Hemişelik elektriki zarýad	e	$1,602189 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$
Awogadronyň hemişeligi	N	$6,022045 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Faradaýyň hemişeligi	F	$9,64846 \cdot 10^4 \text{ Kl/mol}$
Gaz hemeşeligi	R	$8,3144 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$

2-nji tablisa

**298 K (25<sup>0</sup>C) temperaturada käbir maddalaryň standart emele gelmek entalpiýalary  $\Delta H_{298}^0$ , entropiýalary  $S_{298}^0$  we emele gelmeleriň Gibbs energiýalary  $\Delta G_{298}^0$**

Madda	$\Delta H_{298}^0$ kJ/mol	$S_{298}^0$ J/(mol K)	$\Delta G_{298}^0$ kJ/mol
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-1676,0	50,9	-1582,0

## 2-nji tablisanyň dowamy

<b>Madda</b>	<b><math>\Delta H_{298}^0</math> kJ/mol</b>	<b><math>S_{298}^0</math> J/(mol K)</b>	<b><math>\Delta G_{298}^0</math> kJ/mol</b>
C (grafit)	0	5,7	0
CCl <sub>4</sub> (s)	-135,4	214,4	-64,6
CH <sub>4</sub> (g)	-74,9	186,2	-50,8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	226,8	200,8	209,2
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	52,3	219,4	68,1
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g)	89,7	229,5	32,9
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (s)	89,9	269,2	129,7
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	-277,6	160,7	-174,8
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> (glýukoza)	-1273,0	-	-919,5
CO(g)	-110,5	197,5	-137,1
CO <sub>2</sub> (g)	-393,5	213,7	-394,4
CaCO <sub>3</sub> (k)	-1207,0	88,7	-1127,7
CaF <sub>2</sub> (k)	-1214,6	68,9	-1161,9
Ca <sub>3</sub> N <sub>2</sub> (k)	-431,8	105	-368,6
CaO(k)	-635,5	39,7	-604,2
Ca(OH) <sub>2</sub> (k)	-986,6	76,1	-896,8
Cl <sub>2</sub> (g)	0	222,9	0
Cl <sub>2</sub> O(g)	76,6	266,2	94,2
ClO <sub>2</sub> (g)	105,0	257,0	122,3
Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (s)	251,0	-	-
Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-1440,6	81,2	-1050,0
CuO(k)	-162,0	42,6	-129,9
FeO(k)	-294,8	60,8	-244,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (k)	-822,2	87,4	-740,3
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (k)	-1117,1	146,2	-1014,2

## 2-nji tablisanyň dowamy

<b>Madda</b>	<b><math>\Delta H_{298}^0</math> kJ/mol</b>	<b><math>S_{298}^0</math> J/(mol K)</b>	<b><math>\Delta G_{298}^0</math> kJ/mol</b>
H <sub>2</sub> (g)	0	130,5	0
HBr(g)	-36,3	198,6	-53,3
HCN(g)	135,0	113,1	125,5
HCl(g)	-92,3	186,8	-95,2
HF(g)	-270,7	178,7	-272,8
HI(g)	26,6	206,5	1,8
HN <sub>3</sub> (s)	294,0	328,0	238,8
H <sub>2</sub> O(g)	-241,8	188,7	-228,6
H <sub>2</sub> S(g)	-21,0	205,7	-33,8
KCl(k)	-435,9	82,6	-408,0
KClO <sub>3</sub> (k)	-391,2	143,0	-289,9
Mg <sub>3</sub> N <sub>2</sub> (k)	-461,1	87,9	-400,9
MgO(k)	-601,8	26,9	-569,6
N(g)	0	191,5	0
NH <sub>3</sub> (g)	-46,2	192,6	-16,7
NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub> (k)	-256	-	-
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (k)	-365,4	151	-183,8
N <sub>2</sub> O(g)	82,0	219,9	104,1
NO(g)	90,3	210,6	86,6
NO <sub>3</sub> (g)	83,3	307,0	140,5
NO <sub>2</sub> (g)	33,5	240,2	51,5
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	9,6	303,8	98,4
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (k)	-42,7	178	114,1
NiO(k)	-239,7	38,0	-211,6
O <sub>2</sub> (g)	0	205,0	0
OF <sub>2</sub> (g)	25,1	247,0	42,5

2-nji tablisanyň dowamy

<b>Madda</b>	<b><math>\Delta H_{298}^0</math> kJ/mol</b>	<b><math>S_{298}^0</math> J/(mol K)</b>	<b><math>\Delta G_{298}^0</math> kJ/mol</b>
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (k)	-820	173,5	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (k)	-1492	114,5	-1348,8
PbO(k)	-219,3	66,1	-189,1
PbO <sub>2</sub> (k)	-296,9	248,1	-300,2
SO <sub>2</sub> (g)	-395,8	256,7	-371,2
SO <sub>3</sub> (g)	-687,8	239,7	-
SiCl <sub>4</sub> (s)	34,7	204,6	57,2
SiH <sub>4</sub> (g)	-910,9	41,8	-856,7
SiO <sub>2</sub> (kwars)	-286,0	56,5	-256,9
SnO(k)	-580,8	52,3	-519,3
SnO <sub>2</sub> (k)	0	30,6	0
Ti(k)	-804,2	252,4	-737,4
TiCl <sub>4</sub> (s)	-943,9	50,3	-888,6
TiO <sub>4</sub> (k)	-842,7	75,9	-763,9
WO <sub>3</sub> (k)	-350,6	43,6	-320,7
ZnO(k)			

3-nji tablisa

**25<sup>0</sup>C-da suw erginlerinde käbir gowşak  
elektrolitleriň dissosiasiýa konstantalary**

<b>Elektrolit</b>	<b>K</b>	<b>pK= -lgK</b>
Azidwodorod HNO <sub>3</sub>	$2,6 \cdot 10^{-5}$	4,59
Azotly kislota HNO <sub>2</sub>	$4 \cdot 10^{-4}$	3,40

<b>Elektrolit</b>	<b>K</b>	<b>pK= -lgK</b>
Ammoniy gidroksidi $\text{NH}_4\text{OH}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Bor kislotasy (orto) $\text{H}_3\text{BO}_3$ $\text{K}_1$	$5,8 \cdot 10^{-10}$	9,24
Bromlyrak kislota $\text{HOBr}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$	8,68
Wodorodyň peroksidi $\text{H}_2\text{O}_2$ $\text{K}_1$	$2,6 \cdot 10^{-12}$	11,58
Kremniý kislotasy $\text{H}_2\text{SiO}_3$ $\text{K}_1$	$2,2 \cdot 10^{-10}$	9,66
$\text{K}_2$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	11,80
Garynja kislotasy $\text{HCOOH}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,74
Selenli kislota $\text{H}_2\text{SeO}_3$ $\text{K}_1$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	2,46
$\text{K}_2$	$5 \cdot 10^{-8}$	7,3
Selenliwodorod $\text{H}_2\text{Se}$ $\text{K}_1$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	3,77
$\text{K}_2$	$1 \cdot 10^{-11}$	11,0
Kükürt kislotasy $\text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{K}_1$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	1,92
Kükürtli kislota $\text{H}_2\text{SO}_3$ $\text{K}_1$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	1,80
$\text{K}_2$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,21
Kükürtli wodorod $\text{H}_2\text{S}$ $\text{K}_1$	$6 \cdot 10^{-8}$	7,22
$\text{K}_2$	$1 \cdot 10^{-14}$	14,0
Tellurly kislota $\text{H}_2\text{TeO}_3$ $\text{K}_1$	$3 \cdot 10^{-3}$	2,5
$\text{K}_2$	$2 \cdot 10^{-8}$	7,7
Tellurly wodorod $\text{H}_2\text{Te}$ $\text{K}_1$	$1 \cdot 10^{-3}$	3,0
$\text{K}_2$	$1 \cdot 10^{-11}$	11,0
Kömür kislotasy $\text{H}_2\text{CO}_3$ $\text{K}_1$	$4,5 \cdot 10^{-7}$	6,35
$\text{K}_2$	$4,7 \cdot 10^{-11}$	10,33
Uksus kislotasy $\text{CH}_3\text{COOH}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	4,75
Hlorlyrak kislota $\text{HOCl}$	$5,0 \cdot 10^{-8}$	7,30

Hlorly uksus kislotasy $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,85
Fosfor kislotasy (orto) $\text{H}_3\text{PO}_4$		
$\text{K}_1$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	2,12
$\text{K}_2$	$6,3 \cdot 10^{-8}$	7,20
$\text{K}_3$	$1,3 \cdot 10^{-12}$	11,89
Ftorkywodorod HF	$6,6 \cdot 10^{-4}$	3,18
Sianlywodorod HCN	$7,9 \cdot 10^{-10}$	9,10
Şawel kislotasy $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ $\text{K}_1$	$5,4 \cdot 10^{-2}$	1,27
$\text{K}_2$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	4,27

4-nji tablisa

**Erginiň dürli ion güýjinde ionlaryň  
işjeňlik koeffisienti, f**

<b>Erginiň ion güýji, I</b>	<b>Ionyň zarýady, z</b>		
	<b>±1</b>	<b>±2</b>	<b>±3</b>
0,001	0,98	0,79	0,73
0,002	0,97	0,74	0,66
0,005	0,95	0,66	0,55
0,01	0,92	0,60	0,47
0,02	0,90	0,53	0,37
0,05	0,84	0,50	0,21
0,1	0,81	0,44	0,16
0,2	0,80	0,41	0,14
0,3	0,81	0,42	0,14
0,4	0,82	0,45	0,17
0,5	0,84	0,50	0,21



**Käbir gowşak ereýän maddalaryň ereýjiligi  
we ereýjiliginiň köpeltmek hasyly EKH  
(ahli ýerde, başga temperatura görkezilmedik bolsa  
 $t=25^{\circ}\text{C}$ )**

Maddanyň ady we formulasy	Ionlaryň konsentra- siýalarynyň hasyly	San ululyklary		pEKH= -lgEKH
		EKH	Ereýjilik, mol/l	
Hloridler				
AgCl	[Ag <sup>+</sup> ][Cl <sup>-</sup> ]	1,56·10 <sup>-10</sup>	1,2·10 <sup>-5</sup>	9,81
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	[Hg <sup>2++</sup> ][Cl <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	1,1·10 <sup>-18</sup>	6,5·10 <sup>-7</sup>	17,96
PbCl <sub>2</sub>	[Pb <sup>++</sup> ][Cl <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	2,4·10 <sup>-4</sup>	3,9·10 <sup>-2</sup>	3,62
Bromidler				
AgBr	[Ag <sup>+</sup> ][Br <sup>-</sup> ]	7,7·10 <sup>-13</sup>	8,8·10 <sup>-7</sup>	12,11
Hg <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	[Hg <sup>2++</sup> ][Br <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	5,2·10 <sup>-23</sup>	2,8·10 <sup>-8</sup>	22,34
PbBr <sub>2</sub>	[Pb <sup>++</sup> ][Br <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	7,4·10 <sup>-5</sup>	2,6·10 <sup>-2</sup>	4,13
Iodidler				
AgI	[Ag <sup>+</sup> ][I <sup>-</sup> ]	1,5·10 <sup>-16</sup>	1,2·10 <sup>-8</sup>	15,82
Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	[Hg <sup>2++</sup> ][I <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	4,5·10 <sup>-29</sup>	2,2·10 <sup>-10</sup>	28,35
PbI <sub>2</sub>	[Pb <sup>++</sup> ][I <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	8,7·10 <sup>-9</sup>	1,3·10 <sup>-3</sup>	8,06
Iodatlar				
AgIO <sub>3</sub>	[Ag <sup>+</sup> ][IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	0,92·10 <sup>-8</sup>	9,6·10 <sup>-5</sup>	8,04
Ba(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · ·2H <sub>2</sub> O	[Ba <sup>++</sup> ][ IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	1,25·10 <sup>-9</sup>	6,8·10 <sup>-4</sup>	8,90
Pb(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	[Pb <sup>++</sup> ][ IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	3,1·10 <sup>-13</sup>	4,3·10 <sup>-5</sup>	12,51
La(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	[La <sup>3+</sup> ][ IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <sup>2</sup>	5,9·10 <sup>-10</sup>	2,1·10 <sup>-3</sup>	9,23

# 5-nji tablisanyň dowamy

Maddanyň ady we formulasy	Ionlaryň konsentra- siýalarynyň hasyly	San ululyklary		pEKH= -lgEKH
		EKH	Ereýjilik, mol/l	
Sulfidler				
Ag <sub>2</sub> S	[Ag <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	1,6·10 <sup>-49</sup>	3,4·10 <sup>-17</sup>	48,8
Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	[Bi <sup>3+</sup> ][S <sup>--</sup> ] <sup>3</sup>	1,6·10 <sup>-72</sup>	1,7·10 <sup>-15</sup> (18 <sup>0</sup> )	71,8
CdS	[Cd <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	3,6·10 <sup>-29</sup>	6·10 <sup>-15</sup> (18 <sup>0</sup> )	28,44
CoSα	[Co <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	3,1·10 <sup>-23</sup>	5,5·10 <sup>-12</sup>	22,51
CoSγ	[Co <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	3,0·10 <sup>-26</sup>	1,7·10 <sup>-13</sup>	25,52
CuS	[Cu <sup>++</sup> ] <sup>2</sup> [S <sup>--</sup> ]	3,2·10 <sup>-38</sup>	1,8·10 <sup>-19</sup>	37,49
Cu <sub>2</sub> S	[Cu <sup>+</sup> ] <sup>2</sup> [S <sup>--</sup> ]	2,6·10 <sup>-49</sup>	4,1·10 <sup>-17</sup>	48,58
FeS	[Fe <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	3,8·10 <sup>-20</sup>	2,0·10 <sup>-10</sup>	19,42
HgS	[Hg <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	4·10 <sup>-53</sup>	6,3·10 <sup>-27</sup> (18 <sup>0</sup> )	52,4
MnS	[Mn <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	1,4·10 <sup>-15</sup>	3,1·10 <sup>-8</sup> (18 <sup>0</sup> )	14,85
PbS	[Pb <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	6,8·10 <sup>-29</sup>	8,2·10 <sup>-15</sup>	28,17
Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	[Sb <sup>3+</sup> ] <sup>2</sup> [S <sup>--</sup> ] <sup>3</sup>	3,0·10 <sup>-27</sup>	2,0·10 <sup>-6</sup>	26,52
SnS	[Sn <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	1,0·10 <sup>-28</sup>	1,0·10 <sup>-14</sup>	28,00
ZnS	[Zn <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	7,9·10 <sup>-26</sup>	2,8·10 <sup>-13</sup>	25,10
NiSγ	[Ni <sup>++</sup> ][S <sup>--</sup> ]	1,4·10 <sup>-24</sup>	1,2·10 <sup>-12</sup> (18 <sup>0</sup> )	23,85
Sulfatlar				
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	[Ag <sup>+</sup> ] <sup>2</sup> [SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	7,7·10 <sup>-5</sup>	2,6·10 <sup>-2</sup>	4,11
BaSO <sub>4</sub>	[Ba <sup>++</sup> ][SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	1,08·10 <sup>-10</sup>	1,0·10 <sup>-5</sup>	9,97
CaSO <sub>4</sub> · ·2H <sub>2</sub> O	[Ca <sup>++</sup> ][SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	6,1·10 <sup>-5</sup>	7,8·10 <sup>-3</sup>	4,21

Maddanyň ady we formulasy	Ionlaryň konsentra- siýalarynyň hasyly	San ululyklary		$p_{EKH} = -lgEKH$
		EKH	Ereýjilik, mol/l	
PbSO <sub>4</sub>	[Pb <sup>++</sup> ][SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	7,66
SrSO <sub>4</sub>	[Sr <sup>++</sup> ][SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	$2,8 \cdot 10^{-7}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	6,55
Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	[Hg <sub>2</sub> <sup>++</sup> ][SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	$6,3 \cdot 10^{-7}$	$7,9 \cdot 10^{-4}$	6,20
<b>Karbonatlar</b>				
Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	[Ag <sup>+</sup> ] <sup>2</sup> [CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$6,15 \cdot 10^{-12}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	11,21
BaCO <sub>3</sub>	[Ba <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$8,1 \cdot 10^{-9}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	8,10
CaCO <sub>3</sub>	[Ca <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$4,8 \cdot 10^{-9}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$	8,32
Hg <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	[Hg <sub>2</sub> <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$9,0 \cdot 10^{-17}$	$9,3 \cdot 10^{-9}$	16,05
MgCO <sub>3</sub>	[Mg <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	5,00
PbCO <sub>3</sub>	[Pb <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$3,9 \cdot 10^{-7}$	12,82
SrCO <sub>3</sub>	[Sr <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	8,80
ZnCO <sub>3</sub>	[Zn <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$2,7 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	7,57
CdCO <sub>3</sub>	[Cd <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$2,5 \cdot 10^{-14}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	13,60
FeCO <sub>3</sub>	[Fe <sup>++</sup> ][CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ]	$2,5 \cdot 10^{-11}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$ (20 <sup>0</sup> )	10,60
<b>Oksalatlar</b>				
Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	[Ag <sup>+</sup> ] <sup>2</sup> [C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	10,96
BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · ·2H <sub>2</sub> O	[Ba <sup>++</sup> ][C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	$1,61 \cdot 10^{-7}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$ (18 <sup>0</sup> )	6,79
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · ·H <sub>2</sub> O	[Ca <sup>++</sup> ][C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	$2,57 \cdot 10^{-9}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$ (18 <sup>0</sup> )	8,59
CdC <sub>2</sub> O <sub>4</sub> · ·3H <sub>2</sub> O	[Cd <sup>++</sup> ][C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	$1,53 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	7,82
MgC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	[Mg <sup>++</sup> ] <sup>2</sup> [C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>--</sup> ]	$8,57 \cdot 10^{-5}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$ (18 <sup>0</sup> )	4,07

# 5-nji tablisanyň dowamy

Maddanyň ady we formulasy	Ionlaryň konsentra- siýalarynyň hasyly	San ululyklary		$p_{EKH} = -\lg_{EKH}$
		EKH	Ereýjilik, mol/l	
$PbC_2O_4$	$[Pb^{++}][C_2O_4^{--}]$	$3,2 \cdot 10^{-11}$	$5,6 \cdot 10^{-6}$ (18 <sup>0</sup> )	10,50
$SrC_2O_4 \cdot H_2O$	$[Sr^{++}][C_2O_4^{--}]$	$5,61 \cdot 10^{-8}$ (18 <sup>0</sup> )	$2,3 \cdot 10^{-4}$	7,25
$ZnC_2O_4$	$[Zn^{++}][C_2O_4^{--}]$	$7,5 \cdot 10^{-9}$	$8,7 \cdot 10^{-5}$	8,12
<b>Hromatlar</b>				
$Ag_2CrO_4$	$[Ag^+]^2[CrO_4^{--}]$	$9 \cdot 10^{-12}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	11,05
$BaCrO_4$	$[Ba^{++}][CrO_4^{--}]$	$2,4 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	9,62
$CaCrO_4$	$[Ca^{++}][CrO_4^{--}]$	$2,3 \cdot 10^{-2}$ (18 <sup>0</sup> )	$1,5 \cdot 10^{-1}$	1,64
$PbCrO_4$	$[Pb^{++}][CrO_4^{--}]$	$1,77 \cdot 10^{-14}$ (18 <sup>0</sup> )	$1,3 \cdot 10^{-7}$	13,75
$SrCrO_4$	$[Sr^{++}][CrO_4^{--}]$	$3,5 \cdot 10^{-5}$ (18 <sup>0</sup> )	$5,9 \cdot 10^{-3}$	4,46
<b>Gidrookisler</b>				
$Al(OH)_3$	$[Al^{3+}][OH^-]^3$	$1,9 \cdot 10^{-33}$	$2,9 \cdot 10^{-9}$	32,72
$Cd(OH)_2$	$[Cd^{++}][OH^-]^2$	$2,4 \cdot 10^{-13}$ (18 <sup>0</sup> )	$3,9 \cdot 10^{-5}$	12,62
$Ca(OH)_2$	$[Ca^{++}][OH^-]^2$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-2}$	4,51
$Cr(OH)_3$	$[Cr^{3+}][OH^-]^3$	$5,4 \cdot 10^{-31}$ (17 <sup>0</sup> )	$1,2 \cdot 10^{-8}$	30,27
$Cu(OH)_2$	$[Cu^{++}][OH^-]^2$	$5,6 \cdot 10^{-20}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$	19,25
$Fe(OH)_2$	$[Fe^{++}][OH^-]^2$	$1,6 \cdot 10^{-14}$ (18 <sup>0</sup> )	$1,6 \cdot 10^{-5}$	13,78
$Fe(OH)_3$	$[Fe^{3+}][OH^-]^3$	$1,1 \cdot 10^{-36}$ (18 <sup>0</sup> )	$4,5 \cdot 10^{-10}$	35,96

Maddanyň ady we formulasy	Ionlaryň konsentra- siýalarynyň hasyly	San ululyklary		$p_{EKH} = -\lg E_{KH}$
		EKH	Ereýjilik, mol/l	
$Mg(OH)_2$	$[Mg^{++}][OH^-]^2$	$1,2 \cdot 10^{-11}$ ( $18^0$ )	$2,0 \cdot 10^{-4}$	10,92
$Mn(OH)_2$	$[Mn^{++}][OH^-]^2$	$4 \cdot 10^{-14}$ ( $18^0$ )	$2,1 \cdot 10^{-5}$	13,4
$Ni(OH)_2$	$[Ni^{++}][OH^-]^2$	$8,7 \cdot 10^{-19}$ ( $17^0$ )	$6,0 \cdot 10^{-7}$	18,06
$Pb(OH)_2$	$[Pb^{++}][OH^-]^2$	$6,8 \cdot 10^{-13}$ ( $18^0$ )	$5,5 \cdot 10^{-5}$	12,17
$Zn(OH)_2$	$[Zn^{++}][OH^-]^2$	$1 \cdot 10^{-17}$	$3,2 \cdot 10^{-9}$	17,00
<b>Fosfatlar</b>				
$Ag_3PO_4$	$[Ag^+]^3[PO_4^{3-}]$	$1,8 \cdot 10^{-18}$ ( $20^0$ )	$1,6 \cdot 10^{-5}$	17,74
$MgNH_4PO_4$	$[Mg^{++}][NH_4^+][PO_4^{3-}]$	$2,5 \cdot 10^{-13}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	12,60
$Pb_3(PO_4)_2$	$[Pb^{++}]^3[PO_4^{3-}]^2$	$1,5 \cdot 10^{-32}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	31,82
<b>Dürli klaslaryň duzlary</b>				
$AgBrO_3$	$[Ag^+][BrO_3^-]$	$5,77 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-3}$	4,24
$Ag_2Cr_2O_7$	$[Ag^+]^2[Cr_2O_7^{2-}]$	$2 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	6,70
$AgCNS$	$[Ag^+][CNS^-]$	$1,16 \cdot 10^{-12}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	11,94
$Ag_3Fe(CN)_6$	$[Ag^+]^3[Fe(CN)_6^{3-}]$	$9,8 \cdot 10^{-26}$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	25,01
$Ag_4Fe(CN)_6$	$[Ag^+]^4[Fe(CN)_6^{4-}]$	$1,5 \cdot 10^{-41}$	$2,2 \cdot 10^{-9}$	40,82
$Ag_3AsO_3$	$[Ag^+]^3[AsO_3^{3-}]$	$4,5 \cdot 10^{-19}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	18,35
$Ag_3AsO_4$	$[Ag^+]^3[AsO_4^{3-}]$	$1,0 \cdot 10^{-19}$	$7,8 \cdot 10^{-6}$	19,00
$CaF_2$	$[Ca^{++}][F^-]^2$	$3,95 \cdot 10^{-11}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	10,40
$PbF_2$	$[Pb^{++}]^3[F^-]^2$	$3,7 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	7,43

**Käbir maddalaryň dissosiasiýa konstantalary**

<b>Madda</b>	<b>Dissosiasiýa konstantasy K</b>	<b>-lg K</b>
Şawel kislotasy $K_1$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	1,23
$K_2$	$6,4 \cdot 10^{-8}$	4,19
Süýt kislotasy	$1,4 \cdot 10^{-4}$	3,86
Ý ag kislotasy	$1,2 \cdot 10^{-5}$	4,82
Wino kislotasy $K_1$	$0,91 \cdot 10^{-3}$	2,98
$K_2$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	4,34
Ü çloruksus kislotasy	$2,0 \cdot 10^{-1}$	0,89
Benzoý kislotasy	$6,3 \cdot 10^{-5}$	4,52
Fenol	$1,0 \cdot 10^{-10}$	9,89
Silisil kislotasy $K_1$	$1,06 \cdot 10^{-3}$	2,98
$K_2$	$3,6 \cdot 10^{-14}$	13,44
Pikrin kislotasy	$5,1 \cdot 10^{-1}$	0,38
Sulfanil kislotasy	$5,3 \cdot 10^{-4}$	3,23
Ftaliý kislotasy $K_1$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	2,90
$K_2$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	5,41
Etilikiamindörtuksus kislotasy $K_1$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	1,99
$K_2$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	2,67
$K_3$	$5,4 \cdot 10^{-7}$	6,27
$K_4$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	10,95
HF	$6,8 \cdot 10^{-4}$	3,17
$\text{NH}_4\text{OH}$	$1,79 \cdot 10^{-5}$	4,75
$\text{NH}_2 \text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$9,8 \cdot 10^{-7}$	5,52

<b>Madda</b>	<b>Dissosiasiýa konstantasy K</b>	<b>-lg K</b>
Etilamin	$4,7 \cdot 10^{-4}$	3,25
Glikol	$2,7 \cdot 10^{-2}$	1,57
Anilin	$4,0 \cdot 10^{-10}$	9,40
Piridin	$1,5 \cdot 10^{-9}$	8,69
Hinolin	$0,63 \cdot 10^{-9}$	9,00

**Işjeňlilik koeffisiýentiniň ýakynlaşdyrylan  
alamatlary**

<b>Ion güýji</b>	<b>Walentligi</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>H<sup>+</sup> üçin</b>	<b>OH<sup>-</sup> üçin</b>
0	1	1	1	1		
0,001	0,97	0,87	0,73	0,56	98	98
0,002	0,95	0,82	0,64	0,45	97	97
0,005	0,93	0,74	0,51	0,30	95	95
0,01	0,90	0,66	0,39	0,19	92	92
0,02	0,87	0,57	0,28	0,10	90	89
0,05	0,81	0,44	0,15	0,04	88	85
0,1	0,76	0,33	0,084	0,01	84	81
0,2	0,70	0,24	0,041	0,003	83	80
0,5	0,62	0,15	0,014	0,0005		

**20<sup>0</sup>C-da käbir duzlaryň ereýjiliginin  
köpeltmek hasyly EKH**

<b>Duz</b>	<b>EKH</b>	<b>Duz</b>	<b>EKH</b>
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	AgBr	$5,3 \cdot 10^{-13}$
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-11}$
AgSCN	$1,1 \cdot 10^{-12}$	Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-12}$
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$1,3 \cdot 10^{-20}$	Ag <sub>2</sub> S	$6,3 \cdot 10^{-50}$
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$1,6 \cdot 10^{-5}$	Ag <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	$1,15 \cdot 10^{-19}$
Ag <sub>3</sub> AsO <sub>3</sub>	$4,5 \cdot 10^{-19}$	BaCrO <sub>4</sub>	$1,2 \cdot 10^{-10}$
BaCO <sub>3</sub>	$5,1 \cdot 10^{-9}$	BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$
CaCO <sub>3</sub>	$4,8 \cdot 10^{-9}$	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,3 \cdot 10^{-9}$
Ca(OH) <sub>2</sub>	$5,5 \cdot 10^{-6}$	CaF <sub>2</sub>	$4,0 \cdot 10^{-11}$
CdS	$7,9 \cdot 10^{-27}$	Cr(OH) <sub>3</sub>	$6,3 \cdot 10^{-31}$
CdI <sub>2</sub>	$1,1 \cdot 10^{-12}$	Fe(OH) <sub>3</sub>	$3,2 \cdot 10^{-38}$
Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$6,3 \cdot 10^{-7}$	KClO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-2}$
K <sub>2</sub> PtCl <sub>6</sub>	$1,4 \cdot 10^{-6}$	MgC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$8,6 \cdot 10^{-5}$
Mg(OH) <sub>2</sub>	$1,8 \cdot 10^{-11}$	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	$2,5 \cdot 10^{-13}$
PbI <sub>2</sub>	$1,1 \cdot 10^{-9}$	PbSO <sub>4</sub>	$1,6 \cdot 10^{-8}$
PbC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$3,2 \cdot 10^{-11}$	PbCO <sub>3</sub>	$1,0 \cdot 10^{-13}$
PbCrO <sub>4</sub>	$1,8 \cdot 10^{-14}$	PbS	$2,5 \cdot 10^{-27}$
SrSO <sub>4</sub>	$3,2 \cdot 10^{-7}$	SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$5,6 \cdot 10^{-8}$
SrCO <sub>3</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	Zn(OH) <sub>2</sub>	$7,1 \cdot 10^{-18}$
ZnSα	$1,6 \cdot 10^{-24}$	ZnSβ	$2,5 \cdot 10^{-22}$



**Kadaly wodorod elektrodyna gatnaşyklykda kadaly  
okislendirme-gaýtarma potentsiallar  
(potensiallaryň ululygynyň artma tertibinde)**

<b>Reaksiýanyň deňlemesi</b>	<b>E<sub>0</sub> woltda</b>
$\text{Al}-3\text{e} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+}$	-1,66
$\text{Zn}-2\text{e} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$	-0,76
$\text{AsO}_2^-+4\text{OH}^- -2\text{e} \rightleftharpoons \text{AsO}_2^{3-}+2\text{H}_2\text{O}$	-0,71
$\text{S}^{2-}-2\text{e} \rightleftharpoons \text{S}_{\text{gaty}}$	-0,48
$\text{Fe}_{\text{gaty}}-2\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	-0,44
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4-2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{CO}_2_{\text{gaty}}+2\text{H}^+$	-0,49
$\text{Cr}(\text{OH})_3+5\text{OH}^- -3\text{e} \rightleftharpoons \text{CrO}_4^{2-}+4\text{H}_2\text{O}$	-0,13
$\text{H}_2_{\text{gaty}}-2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{H}^+$	0,00
$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}-2\text{e} \rightleftharpoons \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$	+0,09
$\text{Sn}^{2+}-2\text{e} \rightleftharpoons \text{Sn}^{4+}$	+0,15
$\text{VO}+2\text{H}_2\text{O}-2\text{e} \rightleftharpoons \text{VO}_2^{2+}+4\text{H}^+$	+0,33
$\text{H}_2\text{O}-2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2+2\text{H}^+$	+1,77
$2\text{I}^- -2\text{e} \rightleftharpoons \text{I}_{2\text{ ergin}}$	+0,54
$\text{MnO}_2+4\text{OH}^- -2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{AsO}_4^- +3\text{H}^+$	+0,56
$\text{H}_2\text{O}_2-2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_{2\text{ gaz}}+2\text{H}^+$	+0,68
$\text{Fe}^{2+}-\text{e} \rightleftharpoons \text{I}^{3+}$	+0,77
$\text{HNO}_2+\text{H}_2\text{O}-2\text{e} \rightleftharpoons \text{NO}_3^-+3\text{H}^+$	+0,94
$\text{VO}^{2+}+\text{H}_2\text{O}-\text{e} \rightleftharpoons \text{VO}_2^++2\text{H}^+$	+1,00
$\text{I}^-+3\text{H}_2\text{O}-6\text{e} \rightleftharpoons \text{IO}_3^-+6\text{H}^+$	+1,08
$2\text{H}_2\text{O}-4\text{e} \rightleftharpoons \text{O}_{2\text{ gaz}}+4\text{H}^+$	+1,23
$2\text{Cr}^{3+}+7\text{H}_2\text{O}-6\text{e} \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}+14\text{H}^+$	+1,33

<b>Reaksiýanyň deňlemesi</b>	<b>E<sub>0</sub> woltda</b>
$\text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O} - 6\text{e} \rightleftharpoons \text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+$	+1,45
$\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{H}^+$	+1,50
$\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+$	+1,51
$\text{Ce}^{3+} - \text{e} \rightleftharpoons \text{Ce}^{4+}$	+1,61
$\text{MnO}_2_{\text{gaty}} + 2\text{H}_2\text{O} - 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}_4^- + 4\text{H}^+$	+1,69
$\text{H}_2\text{O} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+$	+1,77
$2\text{SO}_4^{2-} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	>+2,0
$2\text{F}^- - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{F}_2$	+2,87
<b>Kadaly elektrod potentsiallar</b>	
$\text{Li} - \text{e} \rightleftharpoons \text{Li}^+$	-3,02
$\text{K} - \text{e} \rightleftharpoons \text{K}^+$	-2,92
$\text{Na} - \text{e} \rightleftharpoons \text{Na}^+$	-2,71
$\text{Mg} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}$	-2,34
$\text{Zn} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$	-0,76
$\text{Fe} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	-0,44
$\text{Cd} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+}$	-0,40
$\text{Ni} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ni}^{2+}$	-0,25
$\text{Sn} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	-0,14
$\text{Pb} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}$	-0,13
$\text{H}_2 - 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{H}^+$	0,00
$\text{Cu} - 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$	+0,34
$\text{Ag} - \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag}^+$	+0,80
$\text{Au} - 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Au}^{3+}$	+1,50
$\text{Cl}_2 - 2\text{e} \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1,36

**Käbir kompleks ionlaryň durnuksyzlyk  
(dissosiasıýa) konstantalary**

<b>Kompleks ionyň formulasy</b>	<b>Durnuksyzlyk konstantasy K</b>	<b>Konstantanyň san ululygy</b>
$[\text{HgCl}_4]^{--}$	$K = [\text{Hg}^{++}][\text{Cl}^-]^4 / [\text{HgCl}_4^{--}]$	$6 \cdot 10^{-17}$
$[\text{CuCl}_2]^-$	$K = [\text{Cu}^+][\text{Cl}^-]^2 / [\text{CuCl}_2^-]$	$3 \cdot 10^{-6}$
$[\text{AuCl}_4]^-$	$K = [\text{Au}^{3+}][\text{Cl}^-]^4 / [\text{AuCl}_4^-]$	$5 \cdot 10^{-22}$
$[\text{HgBr}_4]^{--}$	$K = [\text{Hg}^{++}][\text{Br}^-]^4 / [\text{HgBr}_4^{--}]$	$2,2 \cdot 10^{-22}$
$[\text{HgCl}_4]^{--}$	$K = [\text{Hg}^{++}][\text{Cl}^-]^4 / [\text{HgCl}_4^{--}]$	$6 \cdot 10^{-17}$
$[\text{HgI}_4]^{--}$	$K = [\text{Hg}^{++}][\text{I}^-]^4 / [\text{HgI}_4^{--}]$	$5,3 \cdot 10^{-31}$
$[\text{CdI}_4]^{--}$	$K = [\text{Cd}^{++}][\text{I}^-]^4 / [\text{CdI}_4^{--}]$	$5 \cdot 10^{-7}$
$[\text{AlF}_6]^{3-}$	$K = [\text{Al}^{3+}][\text{F}^-]^6 / [\text{AlF}_6^{3-}]$	$2 \cdot 10^{-24}$
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$	$K = [\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2 / [\text{Ag}(\text{CN})_2^-]$	$1,0 \cdot 10^{-21}$
$[\text{Co}(\text{CN})_4]^{--}$	$K = [\text{Co}^{++}][\text{CN}^-]^4 / [\text{Co}(\text{CN})_4^{--}]$	$8 \cdot 10^{-20}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{--}$	$K = [\text{Cd}^{++}][\text{CN}^-]^4 / [\text{Cd}(\text{CN})_4^{--}]$	$1,4 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Cu}(\text{CN})_2]^{3-}$	$K = [\text{Cu}^+][\text{CN}^-]^4 / [\text{Cu}(\text{CN})_4^{3-}]$	$5 \cdot 10^{-28}$
$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{--}$	$K = [\text{Hg}^{++}][\text{CN}^-]^4 / [\text{Hg}(\text{CN})_4^{--}]$	$4 \cdot 10^{-41}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	$K = [\text{Fe}^{3+}][\text{CN}^-]^6 / [\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]$	$5 \cdot 10^{-44}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$K = [\text{Fe}^{++}][\text{CN}^-]^6 / [\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]$	$5 \cdot 10^{-37}$
$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{--}$	$K = [\text{Zn}^{++}][\text{CN}^-]^4 / [\text{Zn}(\text{CN})_4^{--}]$	$2 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{--}$	$K = [\text{Ni}^{++}][\text{CN}^-]^4 / [\text{Ni}(\text{CN})_4^{--}]$	$3 \cdot 10^{-16}$
$[\text{Au}(\text{CNS})_4]^-$	$K = [\text{Au}^{3+}][\text{CNS}^-]^4 / [\text{Au}(\text{CNS})_4^-]$	$3 \cdot 10^{-38}$
$[\text{Hg}(\text{CNS})_4]^{--}$	$K = [\text{Hg}^{++}][\text{CNS}^-]^4 / [\text{Hg}(\text{CNS})_4^{--}]$	$1 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	$K = [\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2 / [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]$	$6,8 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{++}$	$K = [\text{Cd}^{++}][\text{NH}_3]^4 / [\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{++}]$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{++}$	$K = [\text{Co}^{++}][\text{NH}_3]^6 / [\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{++}]$	$1,25 \cdot 10^{-5}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$K = [\text{Co}^{3+}][\text{NH}_3]^6 / [\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}]$	$6 \cdot 10^{-36}$

10-nji tablisanyň dowamy

<b>Kompleks ionyň formulasy</b>	<b>Durnuksyzlyk konstantasy K</b>	<b>Konstantanyň san ululygy</b>
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{++}$	$K = [\text{Cu}^{++}][\text{NH}_3]^4 / [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{++}]$	$4,6 \cdot 10^{-14}$
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{++}$	$K = [\text{Ni}^{++}][\text{NH}_3]^4 / [\text{Ni}(\text{NH}_3)_4^{++}]$	$4,8 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{++}$	$K = [\text{Zn}^{++}][\text{NH}_3]^4 / [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{++}]$	$2,6 \cdot 10^{-10}$
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^+$	$K = [\text{Ag}^+][\text{S}_2\text{O}_3^{--}] / [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)^+]$	$1,0 \cdot 10^{-13}$
$[\text{Cd}(\text{S}_2\text{O}_3)_4]^{6-}$	$K = [\text{Cd}^{++}][\text{S}_2\text{O}_3^{--}]^4 / [\text{Cd}(\text{S}_2\text{O}_3)_4^{6-}]$	$4,0 \cdot 10^{-8}$
$[\text{Zn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$	$K = [\text{Zn}^{++}][\text{C}_2\text{O}_4^{--}]^3 / [\text{Zn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{4-}]$	$1 \cdot 10^{-9}$
$[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{4-}$	$K = [\text{Fe}^{++}][\text{C}_2\text{O}_4^{--}]^3 / [\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{4-}]$	$5 \cdot 10^{-10}$
$[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^-$	$K = [\text{Ag}^+][\text{NO}_2^-]^2 / [\text{Ag}(\text{NO}_2)_2^-]$	$1,5 \cdot 10^{-3}$

## Logarifmler

Sanlar											Proporsional bölekler									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37	
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	27	30	34	
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31	
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29	
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27	
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25	
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24	
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22	
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21	
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	16	18	20	
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19	
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17	
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17	
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16	
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15	
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15	
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14	
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14	
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13	
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13	
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12	
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12	
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12	
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11	
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11	
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11	
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10	
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10	
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10	
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10	
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8	
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8	
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8	
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8	
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8	
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8	
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7	
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	5	6	6	7	
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	5	6	6	7	

## Logarifmler

Sanlar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Proporsional bölekler								
											1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7442	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	4	4



## Antilogarifmler

Logarifmler	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Proporsional bölekler								
											1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	2	2	2	3
.34	2188	2193	2198	2203	2208	2213	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.42	2630	2636	2642	2649	2655	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	2	2	2	2	2	3
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	2	2	2	2	2	3

# 12-nji tablisanýň dowamy

## Antilogarifmler

Logarifmler											Proporsional bölekler								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4365	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	9	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
.77	5888	5902	5916	5929	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13
.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	13	14	16
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8299	2	4	6	8	9	11	13	15	17
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20



# Edebiýat:

1. **Gurbanguly Berdimuhamedow.** Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007 ý.
2. Türkmenistanyň Prezidenti **Gurbanguly Berdimuhamedowyň** Umumymilli “Galkynyş” Hereketiniň we Türkmenistanyň Demokratik, partiýasynyň nobatdan daşary V gurultaýlarynyň bilelikdäki mejlisinde sözlän sözi. Aşgabat, 2007 ý.
3. **Gurbanguly Berdimuhamedow.** Eserler ýygyndysy. 1-nji tom. Aşgabat, 2007 ý.
4. Türkmenistanyň Prezidentiniň “Obalaryň, şäherçeleriň, etrapdaky şäherleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin” Milli Maksatnamasy, Aşgabat, 2007 ý.
5. “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry” Milli Maksatnamasy, “Türkmenistan” gazetiniň, 2003-nji ýyl, Alp Arslan aýynyň 27-si.
6. **Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň** Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny).

7. **H.Yowjanow, M.Annamyradow.** „Umumy we organiki däl himiýa”,A., 2013 ý.
8. **H.Ýowjanow.** Inžener himiýasy, Aşgabat, 2014 ý.
9. **Ö .Atdaýew.** Fiziki himiýa , Aşgabat 2013 ý.
10. **А.Г.Стромберг.** Физическая химия. М., 1988 г.
11. **В.А.Киреев.** Краткий курс физической химии, М., 1969 г., «Химия»
12. **Д.Г. Кнорре, Л.Ф. Крылова, В.С.Музыкантов.** Физическая химия, М.,1990 г.
13. **Е.В.Киселева, Г.С.Каретников, И.В.Кудряшов.** Сборник примеров и задач по физической химии. М., “Высшая школа”, 1983 г.
14. Практикум по физической химии. Под ред. И.В.Кудряшова. М., 1986 г.