

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

**T.Xoldarova, J.Haydar**

# **FIZIKAVIY VA KOLLOID KIMYODAN MASALALAR**

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan  
5140500- "kimyo yo'nalishi" bakalavriat muxassisligi bo'yicha bilim olayotgan  
talabalar uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT  
«TAFAKKUR BO'STONI»  
2015

UO-K:547.912(075)

KBK 24.5 я 73

24.5

Φ 58

**Taqrizchilar:**

**X.M. Akbarov**– O‘zbekiston Milliy universiteti, fizikaviy va kolloid kimyo kafedrası mudiri, professor:

**S.T. Teshaboev** – Farg‘ona DU kimyo o‘qıtısh metodika kafedrası dotsenti.

Xoldarova T., Xaydar J.

**Fizikaviy va kolloid kimyodan masalalar:** o‘quv qo‘llanma. Toshkent: Tafakkur bo‘stoni, 2015 -320 bet.

Ushbu qo‘llanma namunviy dastur asosida yozilgan. Qo‘llanmada fizikaviy va kolloid kimyoning asosiy mavzulari bo‘yicha masalalarning yechish usullari va mustqil ishlash uchun masalalar sharti berilgan. Qo‘llanma fizikaviy kimyo, kolloid kimyo va kimyoviy kinetikaga doir 665 ta masala shartlari javobi bilan va 195 ta masalani ishlash usullari berilgan.

Masalalar yechimini hisoblash Microsoft Office Excell 2010 va Chemoffice Ultra 2004 v.8.0 elektron dasturlarida bajarilgan.

Mazkur qo‘llanma Oliy o‘quv yurtlarining kimyo fakultetlarini bakalavr, kollej talablari va kimyo o‘qıtuvchilari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, undan repititorlar ham foydalanishlari mumkun.

©«TAFAKKUR BO‘STONI»2015 -y

T. Xoldarova va boshq.2015 -y

© «Ilm Ziyo nashriyoti uyi»2015-y

ISBN-978-9943-993-10-5

## Muqaddima

Tabiiy fanlardan masala va misollar ishlash maktab o'qituvchilari va oliy o'quv yurtlari talabalarining auditoriyada eshitgan va darsliklardan o'qigan nazariy bilimlarini o'zlashtirishga, mustaqil fikr yuritishga, tafakkurini oshirishga samarli yordam beradi.

Ayniqsa, fizikaviy va kolloid kimyo fani fizika va matematika fanlari bilan amaliy bog'liq bo'lgani uchun, bu fanlarni o'zlashtirish uchun albatta mashq va masalalarni ishlash zarurdir.

Bir necha yillik tajriba asosida, o'zbek tilida "Fizik va kolloid kimyodan masalalar va mashqlar to'plamini 1993-yili mualliflardan biri "O'qituvchi" nashriyotida chop ettirgan edi.

Prezidentimiz aytganlaridek, kelajak avlodimiz bizdan ham bilimdon, zukko bo'lishlari uchun<sup>1</sup> hissa qo'shish maqsadida, yuqorida nomi keltirilgan o'quv qo'llanmasini mualliflar qayta ishlashib, kolloid kimyo bo'limiga 5 ta bob qo'shib, kengaytirilgan holda nashrga tayyorlashdi.

Qo'llanma Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining o'quv va ishchi o'quv dasturi asosida yozilgan va unga to'liq javob beradi.

Qo'llanmada fizikaviy kimyodan 7 ta, kolloid kimyodan 6 ta bob berilgan. Har bir bobda keltirilgan mavzularni dastlab nazariy qismi sodda va ravon tilda berilib, so'ng shu mavzuga doir bir nechta masalalarni ishlash usullari ko'rsatilib, keyin mustaqil yechish uchun masalalarni sharti berilgan. Masalalarni ishlash vaqtida kerak bo'ladigan termodinamik-fizikaviy xarakteristik qiymatlar kitobning oxirida 17 ta jadval va masalalar javobi bilan berilgan.

---

<sup>1</sup> Islom Karimov. O'zbekiston XXI asr bo'sag'asida xavfsizlik tahdid, barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari.—T. "O'zbekiston". 1997

# FIZIKAVIY KIMYO

## I bob Gaz qonunlari

### 1. Ideal gaz qonunlari

Gaz holati harorat ( $T$ ), bosim ( $p$ ) va hajm ( $V$ ) bilan ifodalanadi. Termodinamik jarayonlarda harorat Xalqaro sistema ( $SI$ ) o'lchov birligi Kelvin ( $K$ ) da, amalda esa Selsiy ( $^{\circ}C$ ) bilan o'lchanadi.

Harorat har ikkala usulda ifodalanganida, ular orasidagi nisbat quyidagicha belgilanadi:

$T = 273,15 + t$ ; ayni qo'llanmada  $T = 273 + t$  – dan foydalanildi ( $t$  – Selsiy,  $T$  – Kelvin).

Bosim ( $p$ ) Paskal (  $101325$  Pa,  $1,01325 \cdot 10^5$  Pa yoki  $101,325$  kPa), ( $N/m^2$ ), hajm ( $V$ ) esa  $m^3$ :  $sm^3$ :  $ml$ ; litrda beriladi.

Amalda ham hajm  $ml$ ,  $l$ ,  $sm^3$  va  $m^3$  lar bilan o'lchanadi.

Ma'lumki;  $1$  litr =  $1000ml$ ;  $1ml = 1sm^3$ ;  $1m^3 = 1000l$ .

$0^{\circ}C$  va  $101325$  Pa ( $N/m^2$ ) yoki  $101325$  Pa =  $1$  atm bosim n.sh. hisoblanadi.

Kimyo darsliklarida bosimni Pa va kPa (kilopaskal),  $N/m^2$  beriladi.

Normal sharoitdagi hajm  $V_0$ , bosim  $p_0$  va harorat  $T_0$  deb yoziladi.

Ideal gaz deyilganida, molekulalari bir-biridan birmuncha uzoq masofada bo'lib, molekulalararo tortishish kuchlari juda kichik bo'lgan gaz holatini tushunish kerak. Real gazlar normal sharoitda ideal gaz holatida bo'la olmaydi, faqat yuqori harorat va kichik bosimda real gazlar ideal gazlar holatiga o'taoladi.

Ishlab chiqarishdagi kimyoviy jarayonlarda, gazlar past bosim va yuqori haroratda ishlatiladigan bo'lsa, shundagina jarayon uchun ideal gaz qonunlaridan foydalanish mumkin.

O'zgarmas haroratda ma'lum miqdordagi gaz uchun bosim bilan hajm ko'paytmasi o'zgarmas kattalikdir (Boyl–Mariott qonuni):

$$(pV)_T = const.$$

O'zgarmas haroratda berilgan gaz massasining hajmi bosimga teskari proporsionaldir:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad (I.1)$$

O'zgarmas haroratda gazning zichligi va konsentratsiyasi bosimga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{p_1}{p_2} \quad (I.2)$$

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{p_1}{p_2} \quad (I.3)$$

O'zgarmas bosimda berilgan gaz massasining hajmi absolyut haroratga to'g'ri proporsional:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (I.4)$$

Shuningdek, o'zgarmas hajmda berilgan gaz massasining bosimi absolyut haroratga to'g'ri proporsional (Sharl va Gey-Lyussak qonunlari):

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} = \dots = \frac{p_K}{T_K} \quad (I.5)$$

O'zgarmas bosimda gazning zichligi va konsentratsiyasi absolyut haroratga teskari proporsional bo'ladi:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad (I.6)$$

va

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad (I.7)$$

Ideal gaz qonunlaridan foydalanib:

- 1) hajm va harorat o'zgarganida bosim;
- 2) bosim va harorat o'zgarganida hajm;
- 3) bosim va hajm o'zgarganida zichlik hamda konsentratsiyalarni aniqlash mumkin.

**1-misol.** O'zgarmas haroratda va  $9,888 \cdot 10^4$  Pa bosimda tutun tarkibidagi gazlar aralashmasi 10 l hajmga ega. Normal bosimda shu gazlar aralashmasi qancha hajmni egallaydi?

**Berilgan:**  $p_1=9.888 \cdot 10^4$  Pa;  $p_0=101325$  Pa;  $V_1=10$ l.

**Noma'lum:**  $V_0=?$

**Yechish:** (1.1) formuladan hisoblanadi:

$$V_0 = \frac{p_1 V_1}{p_0} = \frac{9,888 \cdot 10^4 \cdot 10}{101325} = 9,76 \text{ l.}$$

**2-misol**  $2,25 \cdot 10^5$  Pa bosimda azot 0,125 l hajmni egallaydi. O'zgarmas haroratda shu gazning hajmini 10 l ga yetkazish uchun bosim qanday bo'lishi kerak?

**Berilgan:**  $p_1=2,25 \cdot 10^5$ ;  $V_1=0,125$ l;  $V_2=10$ l.

**Noma'lum:**  $p_2=?$

**Yechish:** (1.1) formuladan hisoblanadi:

$$p_0 = \frac{p_1 V_1}{V_0} = \frac{2,25 \cdot 10^5 \cdot 0,125}{10} = 2812,5 \text{ Pa.}$$

**3-misol.** Normal sharoitda 1 l havoning massasi 1,295 g bo'lsa, 273 K va 435 Pa bosimda, shuncha hajm havoning massasi qancha bo'ladi?

**Berilgan:**  $m_0=1,295$  g;  $p_1=435$  Pa;  $p_0=101325$  Pa.

**Noma'lum:**  $m_1=?$

**Yechish:** (1.2) formuladan zichlik ( $\rho$ ) aniqlanadi:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{p_1}{p_2} \text{ dan } \rho = \frac{m}{M} \text{ bo'ladi. Agar } V = \text{const bo'lsa, u holda (1.2) formulani } \frac{m_0}{m_1} = \frac{p_0}{p_1} \text{ deb olish mumkin.}$$

$$U \text{ vaqtda } m_1 = \frac{m_0 p_1}{p_0} \text{ bo'ladi, } m_1 = \frac{1,295 \cdot 435}{101325} = 5,56 \cdot 10^{-3} \text{ g.}$$

**4-misol.2.4** g kislorod  $6,078 \cdot 10^5$  Pa bosimda 3 l hajmni egallaydi. Konsentratsiyasi 0,1 mol bo'lgan kislorod o'zgarmas haroratda qanday bosimga ega bo'ladi?

**Berilgan:**  $m=2,4$  g;  $p_1=6,078 \cdot 10^5$  Pa;  $V=3$  l;  $c_2=0,1$  mol/l.

**Noma'lum:**  $s_1=?; p_2=?$

**Yechish:** 1) 1 l hajmdagi  $O_2$  ning konsentratsiyasi aniqlanadi. Unga qadar mol miqdori hisoblanadi:

$$a) n = \frac{m}{M} = \frac{2,4}{32} = 0,075 \text{ mol};$$

$$b) c_1 = \frac{n}{V} = \frac{0,075}{3} = 0,025 \text{ mol/l}.$$

2) (1.3) formuladan bosim aniqlanadi:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{p_1}{p_2} \text{ dan } p_2 = \frac{s_2 p_1}{s_1} = \frac{0,1 \cdot 6,078 \cdot 10^5}{0,025} = 2,43 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

**5-misol.** 300 K da gaz 16 l hajmini egallaydi. O'zgarmas bosimda shu gazning hajmini 20 l ga yetkazish uchun haroratni necha gradusga ko'tarish kerak?

**Berilgan:**  $T_1=300 \text{ K}; V_1=16 \text{ l}; V_2=20 \text{ l}.$

**Noma'lum:**  $T_2=?$

**Yechish:** (1.4) formuladan  $T_2$  hisoblanadi:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ dan } T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1} = \frac{20 \cdot 300}{16} = 375 \text{ K}.$$

**6-misol.** 290 K da berk idishdagi gazning bosimi 95940 Pa bo'lsa, harorat 50°C ga pasaytirilganda gaz bosimi qancha kamayadi?

**Berilgan:**  $T_1=290 \text{ K}; T_2=293-50=243 \text{ K}; p_1=95940 \text{ Pa}.$

**Noma'lum:**  $p_2=?; \Delta p=?$

**Yechish:** (1.5) formuladan  $p_2$  hisoblanadi:

$$1) p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{95940 \cdot 243}{290} = 80391,1 \text{ Pa}.$$

$$2) \Delta p = p_1 - p_2 = 95940 - 80391,1 = 15548,9 \text{ Pa}.$$

**7- misol.** 290 K da ballondagi gazning bosimi 1,255·10<sup>7</sup> Pa ga teng. Agar gazning bosimi dastlabki bosimdan 35% ga kamaytirilsa, harorat necha gradusga pasayadi?

**Berilgan:**  $T_1=290\text{ K}; p_1=1.255 \cdot 10^7\text{ Pa}; \Delta p=35\%$ .

**Noma'lum:**  $p_2=?; T_2=?$

**Yechish:** 1) 35% bosim miqdori hisoblanadi:

$$1.255 \cdot 10^7 : 100 = x : 35,$$

$$x = 4.393 \cdot 10^6\text{ Pa}.$$

2) Harorat pasaygandagi bosim aniqlanadi:

$$p_1 - p_2 = 1.255 \cdot 10^7 - 4.393 \cdot 10^6 = 8.157 \cdot 10^6\text{ Pa}.$$

3)  $p_2$  bosimda haroratni necha gradus bo'lishi (1.5) formuladan hisoblanadi:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ dan } T_2 = \frac{p_2 T_1}{p_1} = \frac{8.157 \cdot 10^6 \cdot 290}{1.255 \cdot 10^7} = 188,5\text{ K}.$$

**8- misol.** 273 K va  $2.2026 \cdot 10^5\text{ Pa}$  bosimda azotning konsentratsiyasi 0,089 mol/l.

Qanday harorat va bosimda 5 l azotning massasi 8,4 g keladi?

**Berilgan:**  $T=273\text{ K}; p_1=2.026 \cdot 10^5\text{ Pa}; c_1=0,089\text{ mol/l}; V=5\text{ l}; m=8.4\text{ g}.$

**Noma'lum:**  $n=?; c_2=?; T_2=?; p_2=?$

**Yechish:** 1) 8,4 g azotning mol qiymati aniqlanadi:

$$n = \frac{8,4}{28} = 0,3\text{ mol}.$$

2) 5 l hajmdagi azot konsentratsiyasi hisoblanadi:

$$s_2 = \frac{n}{V} = \frac{0,3}{5} = 0,06\text{ mol/l}.$$

3) Bosim (1.3) formula asosida aniqlanadi:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{p_1}{p_2} \text{ dan } p_2 = \frac{p_1 s_2}{s_1} = \frac{2.2026 \cdot 10^5 \cdot 0,06}{0,089} = 1,48 \cdot 10^5\text{ Pa}.$$

4) Harorat (1.6) formuladan hisoblanadi:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{T_2}{T_1} \text{ dan } T_2 = \frac{T_1 s_1}{s_2} = \frac{0,089 \cdot 273}{0,06} = 405\text{ K}.$$



## Masalalar

1. Normal sharoitda 1,5 g havo 1,1595 l hajmni egallaydi. Shu miqdordagi havo 0°C va 95580 Pa bosimda qanday hajmga ega bo'ladi?
2.  $1.5 \cdot 10^5$  Pa bosimda biror gaz 2.6 l hajmga ega bo'lsa, o'zgarmas haroratda uning hajmi 0.5 l ga keltirilsa, shu gazning bosimi qanday bo'ladi?
3. Hajmi 12 l bo'lgan ballonda 0°C va  $1.418 \cdot 10^7$  Pa bosimda gaz saqlanadi. Normal sharoitda shu gaz qanday hajmni egallaydi?
4. Normal sharoitda vodorodning zichligi 1.251 g/l bo'lsa, 0°C da zichligi 2.5 g/l bo'lishi uchun qanday bosim kerak bo'ladi?
5. 0°C va  $4.558 \cdot 10^5$  Pa bosimda vodorodning zichligi 5.625 g/l bo'lsa, shu harorat va  $1.165 \cdot 10^5$  Pa bosimda uning zichligi qanday bo'ladi?
6. Normal sharoitda 10 l quruq koks gazining massasi 4.8 g bo'lsa, 0°C va 98300 Pa bosimda shu hajmdagi gazni massasi qancha bo'ladi?
7. Normal sharoitda domna pechidagi 10 l quruq gazning massasi 12,4 g bo'lsa, 0°C va  $1.566 \cdot 10^6$  Pa bosimda shu hajmdagi gazning massasi necha (g) bo'ladi?
8. 0°C va 101325 Pa bosimda metan gazining konsentratsiyasi 0,045 mol/l bo'lsa, 6 l shu gazning massasi 48 g bo'lishi uchun berilgan haroratda bosim qanday bo'lishi kerak?
9. 290 K da gaz 180 l hajmni egallasa, o'zgarmas bosim va 373 K da shu gaz qancha hajmni egallaydi?
10. O'zgarmas bosimda harorat 273 K dan 354.9 K ga ko'tarilsa, gazning hajmi necha marta ortadi?
11. 0°C berk idishda gaz saqlanadi. Shu gazning bosimini 2 marta oshirish uchun, uning haroratini necha gradusga ko'tarish kerak?
12. 304 K va  $1.12 \cdot 10^5$  Pa bosimda berk idishda saqlanayotgan gazning bosimini normal holatga keltirish uchun haroratni necha gradusga kamaytirish kerak?

13. 288 K va  $1,225 \cdot 10^7$  Pa bosimda ballonda kislorod saqlanadi. Agar ballon harorati 240 K gacha pasaytirilsa, kislorod bosimi qanchaga pasayadi?

14. 290 K va  $1,52 \cdot 10^7$  Pa bosimda ballonda kislorod saqlanadi. Qanday haroratda gaz bosimi dastlabki bosimning 60% ni tashkil qiladi?

15. 291 K va  $1,317 \cdot 10^7$  Pa bosimda po'lat ballon azotga to'ldirilgan. Qanday haroratda azotning bosimi  $1,52 \cdot 10^7$  Pa bo'lishi mumkin?

16. Normal sharoitda xlor gazining zichligi 1.585 g/l bo'lsa, uni ideal gaz deb faraz qilib, xlorning 310 K va 101325 Pa bosimdagi zichligini aniqlang.

17. 353 K va normal bosimda  $CO_2$  gazining zichligi 0.967 g/l bo'lsa, shu gaz normal sharoitga keltirilsa, uning zichligi qanday bo'ladi?

18.  $0^\circ C$  va  $3,039 \cdot 10^5$  Pa bosimda  $CO_2$  gazning konsentratsiyasi 0.1352 mol/l bo'lsa, qanday harorat va bosimda 2 l  $CO_2$  gazining massasi 5.6 g bo'ladi?

19. Normal sharoitda gaz holatidagi ammiakning zichligi 0,771 g/l bo'lsa, uni ideal gaz deb faraz qilib, 373 K va normal bosimdagi zichligini aniqlang.

20.  $0^\circ C$  va  $2,431 \cdot 10^6$  Pa bosimda kislorodning konsentratsiyasi 0,471 mol/l bo'lsa. shu bosimda uning konsentratsiyasi 0.1 mol/l bo'lishi uchun harorat necha gradus bo'lishi kerak?

## 2. Ideal gaz holati tenglamasi

Massasi bir xil gazlarning hajmi ( $V$ ), bosimi ( $p$ ) va haroratlari ( $T$ ) orasidagi bog'liqlik Boyl–Mariott, Sharl va Gey-Lyussak qonunlarini birlashtiruvchi formula bilan ifodalaniadi:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3} = \dots = \frac{p_K V_K}{T_K}, \quad (1.8)$$

bunda:  $V_1$  – gazning  $T_1$  haroratdagi hajmi;

$V_2$  – gazning  $T_2$  haroratdagi hajmi;

$p_1$  – gazning  $T_1$  haroratdagi bosimi;

$p_2$  – gazning  $T_2$  haroratdagi bosimi.

Bir xil harorat va bir xil bosimda har qanday gazning teng miqdordagi hajmida molekular soni bir-biriga teng bo'ladi (Avogadro qonuni). Ideal gaz holatidagi har qanday moddaning bir mol miqdori normal sharoitda ( $0^\circ C$  va 101325 Pa bosimda) 22,4 l hajmni egallaydi.

Ayrim gaz va gazlar aralashmasiga oid hisoblashlar olib borilganida (I.8) umumlashgan formula va Avogadro qonuni asosida keltirib chiqarilgan Mendeleyev–Klayperon tenglamasidan foydalaniladi (ideal gaz holati tenglamasi deb ataladi):

$$pV = RT, \quad (I.9)$$

bunda:  $V$  – 1 mol ideal gazning hajmi (litr);

$R$  – gaz tabiatiga bogʻliq boʻlmagan oʻzgarmas son; (I.9) tenglama  $n$  – mol gaz uchun quyidagicha yoziladi:

$$pV = nRT \quad (I.10)$$

$n = \frac{m}{M}$  buni (I.10) dagi oʻrniga qoʻyilsa,  $pV = \frac{m}{M}RT$  boʻladi.

bunda:  $m$  – gazning massasi;

$M$  – gazning molekulyar massasi.

Bu formuladan har qanday gazning molekulyar massasini hisoblash mumkin, yaʼni  $pV = \frac{m}{M}RT$  dan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$M = \frac{mRT}{pV}. \quad (I.11)$$

(I.10) dan 1 mol ideal gaz uchun (normal sharoit)  $R$  ning qiymatini hisoblash mumkin:

$$R = \frac{pV}{T} = \frac{10^{1325} \cdot 22,4}{273} = 8,314 \cdot 10^3 \text{ kJ/mol} \cdot \text{K} \text{ yoki } R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}.$$

$R$  ning turli oʻlchov birliklaridagi qiymati quyidagicha ifodalaniladi:

$$R = \frac{1 \text{ atm} \cdot 22,414 \text{ l}}{1 \text{ mol} \cdot 273,15 \text{ K}} = 0,08206 \frac{\text{l} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}};$$

$$1 \text{ kal} : 4,1875 \text{ j} = x : 8,314 = 1,9854 \text{ kal, ya'ni}$$

$$R = 1,9854 \text{ kal/mol} \cdot \text{K};$$

$$R = \frac{22,414 \cdot 760}{273,15} = 62,364 \frac{\text{l} \cdot \text{mm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8,314 \cdot 10^7 \frac{\text{erg}}{\text{mol} \cdot \text{K}}.$$

Gazning ikkita parametri maʼlum boʻlsa, uchinchi ( $p$ ,  $V$  yoki  $T$ ) ni (I.11) formuladan aniqlanadi. Shuningdek, gazlar va oson bugʻlanuvchan suyuqliklarning  $p_1V_1$  va  $T_1$  larini tajribada aniqlab, ularning molekulyar massasini ham (I.11) formuladan aniqlash mumkin.

**1- misol.** Normal sharoitda 0,25 l sulfit anhidrid gazining massasi (g) qancha bo'ladi?

**Berilgan:**  $V=0,25$  l;  $V_0=22,4$  l;  $M_{SO_2}=64$ g.

**Noma'lum:**  $m=?$

**Yechish:** Avogadro qonuni bo'yicha proporsiya tuziladi:

$$22,4 : 64 = 0,25 : x$$

$$x = \frac{64 \cdot 0,25}{22,4} = 0,7143 \text{ g.}$$

**2- misol.** Normal sharoitda 1000 g HCl gazi qancha hajmni egallaydi?

**Berilgan:**  $m=1000$  g;  $V_0=22,4$  l;  $M_{HCl}=36,5$  g..

**Noma'lum:**  $V=?$

**Yechish:** proporsiya asosida yechiladi:

$$36,5 : 22,4 = 1000 : x$$

$$x = \frac{22,4 \cdot 1000}{36,5} = 613,7 \text{ l.}$$

**3- misol.** Tarkibida 89% CaCO<sub>3</sub> bo'lgan 1 t. ohaktosh 300 K va 10<sup>5</sup> Pa bosimda qizdirilganida qancha (l) CO<sub>2</sub> gazi ajraladi?

**Berilgan:**  $T=300$  K;  $m=1$  tonna = 1000 kg;  $p=10^5$  Pa.

**Noma'lum:**  $V=?$

**Yechish:** 1) 1000 kg ohaktosh tarkibidagi toza CaCO<sub>3</sub> ning miqdori hisoblanadi:

$$100 : 89 = 1000 : x$$

$$x = 890 \text{ kg.}$$

2) Parchalanish reaksiyasi:  $CaCO_3 = CaO + CO_2$

3) Tenglama asosida proporsiya tuzib, ajralayotgan CO<sub>2</sub> ning massasi aniqlanadi:

$$100 : 44 = 890 : x$$

$$x = 391,6 \text{ kg.}$$

4) Mendeleev–Klayperon tenglamasi bo'yicha CO<sub>2</sub> gazining hajmi hisoblanadi:

$$V = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \cdot \frac{RT}{p} = \frac{391,6 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 300}{0,044 \cdot 10^5} = 221984 \text{ l.}$$

**4-misol.** Normal sharoitda 500ml gaz 0,58 g massaga ega bo'lsa, shu gazning molekulyar massasi qanday bo'lishi mumkin?

**Berilgan:**  $V=500 \text{ ml}; m=0,58 \text{ g};$

**Noma'lum:**  $M=?$

**Yechish:** Avogadro qonuni bo'yicha proporsiya tuziladi:

$$500 : 0,58 = 22400 : x,$$

$$x = \frac{0,58 \cdot 22400}{500} = 25,984 = 26 \text{ g.}$$

*Molekulyar massasiga asosanib, bu gazning atsetilen (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) deb olish mumkin.*

**5-misol.** 300 K va 6,066·10<sup>4</sup> Pa bosimda ammiakning zichligi qanday (g/l) bo'ladi?

**Berilgan:**  $T=300 \text{ K}; p=6,066 \cdot 10^4 \text{ Pa}; p_0=101325 \text{ Pa.}$

**Noma'lum:**  $\rho_0=?; \rho_1=?$

**Yechish:** 1) Dastlab ammiakning normal sharoitdagi zichligi aniqlanadi:

$$\rho_0 = \frac{M}{V_0} = \frac{17}{22,4} = 0,759 \text{ g/l.}$$

2) (1.2) formula  $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{p_1}{p_2}$  dan  $\rho_1$  hisoblanadi:

$$\rho_1 = \frac{\rho_0 \cdot p_1}{p_0} = \frac{0,759 \cdot 6,066 \cdot 10^4}{101325} = 0,454 \text{ g/l.}$$

**6-misol.** 48 g gaz 0 °C va  $2.026 \cdot 10^5$  Pa bosimda 11.2 l hajmni egallasa, shu gazning 313 K dagi zichligi va molekulyar massasi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $m=48$  g;  $V=11.2$  l;  $T=313$  K;  $p=2,026 \cdot 10^5$  Pa;  $T_0=273$  K.

**Noma'lum:**  $M=?$ ;  $\rho_0=?$ ;  $\rho_1=?$

**Yechish:** 1) (1.11) formuladan gazning molekulyar massasi aniqlanadi:

$$M = \frac{m \cdot RT_0}{pV} = \frac{48 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 273}{2,026 \cdot 10^5 \cdot 11,2} = \frac{108946656}{2269120} = 48 \text{ g.}$$

2) Gazning normal sharoitdagi zichligi  $\rho_0$  hisoblanadi:

$$\rho_0 = \frac{m}{V} = \frac{48}{11,2} = 4,287 \text{ g l.}$$

3) 313 K dagi gazning zichligi (1.7) formuladan aniqlanadi:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{T_2}{T_1} \text{ dan } \rho_1 = \frac{\rho_0 T_0}{T_1} = \frac{4,287 \cdot 273}{313} = 3,74 \text{ g l.}$$

**7- misol.**  $CHCl_3$  – xloroform bug'ini 1.34 grammi 364 K va  $9.7 \cdot 10^4$  Pa bosimda 0.35 l hajmni egallaydi. Gazning doimiy qiymati  $R$  kJ/kmol·K qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $m=1.34$  g;  $V=0.35$  l;  $T=364$  K;  $P=9.7 \cdot 10^4$  Pa;  $M_{\text{mrc}}=119.5$ g.

**Noma'lum:**  $R=?$

**Yechish:**  $R$  ni qiymati  $pV = \frac{m}{M} RT$  formuladan aniqlanadi:

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ dan } R = \frac{pV \cdot M}{mT} = \frac{9.7 \cdot 10^4 \cdot 0.35 \cdot 119.5}{1.34 \cdot 364} = \frac{4057025}{487.76} = 8317,7$$

$$= 8,318 \cdot 10^3 \text{ kJ kmol} \cdot \text{K}$$

### Masalalar

21. 500 g toza kalsiy nitrid ( $Ca_3N_2$ ) suv bilan parchalanganida qancha hajm ammiak (*n.sh.*) ajralib chiqadi?

22. Tarkibida 10 % aralashma bo'lgan 2500 g kalsiy karbid ( $\text{CaC}_2$ ) suv bilan reaksiyaga kirishganida qancha atsetilen (*n.sh.*) ajraladi?
23. 50 g temir suv bug'i bilan reaksiyaga kirishganida 298 K va  $9,57 \cdot 10^4$  Pa bosimda qancha (l) vodorod ajraladi?
24. Sulfat kislota bilan 5 g rux metalli reaksiyaga kirishganida 298 K va normal bosimda qancha (l) vodorod ajralib chiqadi?
25. Cho'g' holatiga keltirilgan Ca metalli  $\text{N}_2$  bilan reaksiyaga kirishib, kalsiy nitrid ( $\text{Ca}_3\text{N}_2$ ) hosil qiladi. 300 K va  $1,119 \cdot 10^3$  Pa bosimda 80 g kalsiy bilan qancha azot reaksiyaga kirishadi?
26. 290 K va 103110 Pa bosimda 0,5436 g kaliyli selitra nitrometrdan parchalanganida 96 ml azot oksidi ajraladi. Selitra tarkibidagi  $\text{N}_2\text{O}_5$  ning foiz miqdorini aniqlang.
27. 300 K va normal bosimda hajmi 1000 l bo'lgan stratostat qobiqlarini to'ldirish uchun qancha l geliy gazi kerak bo'ladi? Stratostat ma'lum balandlikka ko'tarilganida bosim 13320 Pa va harorat  $-50^\circ\text{C}$  gacha (223 K) pasayganida, geliy gazining hajmi qanday bo'lib qoladi?
28. 300 K va 99540 Pa bosimda hajmi 25 l bo'lgan gazometr  $\text{H}_2$  gazi bilan to'ldirilgan. Shu haroratda suv bug'ining bosimi 3598.5 Pa ekanligini hisobga olib, vodorodning massasini hisoblang.
29. 20 l hajmli gazgolderda 260 K da 40 g  $\text{O}_2$  saqlanadi. Shu sharoitda  $\text{O}_2$  ning bosimi qanday bo'ladi?
30. 304 K va 95940 Pa bosimda 1,6 kg dolomitdan ( $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ) qancha l  $\text{CO}_2$  gazi hosil bo'ladi? Dolomit tarkibida 8 % aralashma borligini hisobga oling.
31. 300 K va 106400 Pa bosimda gazgolderda 2500 l  $\text{H}_2$  gazi saqlansa, shu haroratda va  $1,418 \cdot 10^5$  Pa bosimda 25 l hajmli ballondan nechtasini vodorod bilan to'ldirish mumkin?
32. 290 K va 10440 Pa bosimda 1,56 g gaz 6.24 litr hajmni egallasa, uning molekulyar massasi (g) qancha bo'ladi?
33. 370 K va 98600 Pa bosimda 1,9 g gaz 0,38 l hajmni egallasa, uning molekulyar massasi (g) qancha bo'ladi?

34.12 K va 98740 Pa bosimda 17,3 g gaz 6,4 l hajmi egallasa. 293 K da shu gazning zichligi va molekulyar massasi (g) qancha bo'ladi?

35. 0°C va 25310 Pa bosimda 3,5 g gaz hajmi 11,2 l bo'lsa, shu gaz 298 K da qanday molekulyar massa va zichlikka ega bo'ladi?

36.360 K va  $9,59 \cdot 10^4$  Pa bosimda 0,93 g atseton ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ ) bug'i 0,5 l hajmi egallasa, shu sharoitda atseton bug'i uchun universal gaz konstantasi R nechaga teng bo'ladi?

37. Hajmi  $12 \cdot 6 \cdot 4 \text{ m}^3$ , harorati 293 K bo'lgan xona havosining namligi 60% ni tashkil qiladi. Shu sharoitda suv bug'ining to'yingan bug' bosimi 2337 Pa ga teng bo'lsa, xonada necha kg suv bug'i bo'lishi mumkin?

38.290 K va normal bosimda 44 g ohaktoshdan 8,4 l  $\text{CO}_2$  gazi hosil bo'lsa, ohaktosh tarkibida necha foiz toza  $\text{CaCO}_3$  bo'lishi mumkin?

39.1913 K va 8941 Pa bosimda hajmi 12 l bo'lgan kamerada qo'rg'oshin bug'lari saqlanadi. Shu sharoitdagi qo'rg'oshin bug'ining massasi qancha bo'ladi?

40.353 K va 101325 Pa bosimda hajmi 1,5 litrli idishda benzol ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) bug'lari bo'lsa, shu sharoitda benzol bug'ining massasi qancha bo'ladi?

### 3. Gaz hajmini berilgan sharoitga keltirish

Gaz hajmi ma'lum bosim va haroratda o'lchangan bo'lsa, uning normal sharoitdagi hajmini aniqlash mumkin. Buning uchun Boyl-Mariott, Sharl va Gey-Lyussak qonunlarining umumlashtirilgan (I.8) formulasidan foydalaniladi:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T} \quad (\text{I.12})$$

bundan

$$V_0 = \frac{pVT_0}{p_0 T} \quad (\text{I.13})$$

bo'ladi

Agar gazni  $p_1$  va  $T_1$  lardagi hajmi  $V_1$  ma'lum bo'lsa, shu gazning bosimi  $p_2$ , harorat  $T_2$  bo'lganidagi hajmi  $V_2$  ni (I.8) dan foydalanib aniqlash mumkin:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (\text{I.14}) \quad \text{dan} \quad V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1} \quad (\text{I.15}) \quad \text{bo'ladi.}$$



**1- misol.** 355 K va 86620 Pa bosimda biror gaz 150 l hajmni egallasa, normal sharoitda shu gaz qancha hajmni egallaydi?

**Berilgan:**  $T=355$  K;  $p=86620$  Pa;  $V=150$  l;  $p_0=101325$  Pa;  $T_0=273$  K.

**Noma'lum:**  $V_0=?$

**Yechish:** (1.13) dan  $V_0$  aniqlanadi:

$$V_0 = \frac{pVT}{p_0T} = \frac{86620 \cdot 150 \cdot 273}{101325 \cdot 355} = \frac{3547089000}{35970375} = 98.61 \text{ l.}$$

**2-misol.** Normal sharoitda gaz 100 l hajmni egallaydi. SHu gazning hajmi 122 l, bosimi  $9.825 \cdot 10^4$  Pa bo'lishi uchun gazni necha gradusgacha qizdirish kerak?

**Berilgan:**  $V_1=100$  l;  $V_2=122$  l;  $p=9.825 \cdot 10^4$  Pa;  $T_0=273$  K;  $P_0=101325$  Pa.

**Noma'lum:**  $t=?$

**Yechish:**  $\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{pV}{T}$  (1.12) dan:

$$1) T_1 = \frac{p_1V_1T_0}{p_0V_0} = \frac{p_1V_2T_0}{p_0V_1} = \frac{9.825 \cdot 10^4 \cdot 122 \cdot 273}{101325 \cdot 100} = 323 \text{ K.}$$

$$2) t = T_1 - T_0 = 323 - 273 = 50^\circ\text{C}$$

**3- misol.** Koks gazi 323 K va 120900 Pa bosimda elektr filtdan qizdirgichga o'tadi. bu yerda gaz 343 K gacha qizdiriladi. Koks gazining normal sharoitdagi hajmi 37500 m<sup>3</sup> bo'lsa, shu harorat va bosimda isitgichga kirayotgan va undan chiqayotgan gazning hajmi qancha bo'ladi?

**Berilgan:**  $T=323$  K;  $T_2=343$  K;  $p=120900$  Pa;  $V_0=37500$  m<sup>3</sup>;  $T_0=273$  K.

**Noma'lum:**  $V_1=?$ ;  $V_2=?$

$$1) V_1 = \frac{p_0V_0T_1}{pT_0} = \frac{101325 \cdot 37500 \cdot 323}{120900 \cdot 273} = \frac{1227299062500}{33005700} = 37184,5 \text{ m}^3.$$

$$2) V_2 = \frac{p_0V_0T_2}{p_1T_0} = \frac{101325 \cdot 37500 \cdot 343}{120900 \cdot 273} = \frac{1303292812500}{33005700} = 39487 \text{ m}^3.$$

**4 – misol.**  $H_2S$  264 K va 97270 Pa bosimda 52,71 l hajmni egallaydi. 290 K da gazning hajmi 45.84 l bo'lishi uchun bosim qanday bo'lishi kerak?

**Berilgan:**  $T_1=264$  K;  $p_1=97270$  Pa;  $V_1=52,71$  l;  $V_2=45,84$  l;  $T_2=290$  K.

**Noma'lum:**  $p_2=?$

**Yechish:** (I.14) dan  $p_2$  hisoblanadi:

$$p_2 = \frac{p_1 V T_2}{T_1 V_2} = \frac{97270 \cdot 52,71 \cdot 290}{264 \cdot 45,84} = \frac{1486859493}{12101,76} = 122863,1 \text{ Pa.}$$

### Masalalar

41.323 K va 39985 Pa bosimda gaz hajmi 1.7 l bo'lsa, normal sharoitda shu gazning hajmi qancha bo'ladi?

42.240 K va  $4,052 \cdot 10^5$  Pa bosimda gaz 15 l hajmni egallasa, normal sharoitda shu gazning hajmi qancha bo'ladi?

43.Gazgolder sovutgichiga 353 K va 100600 Pa bosimda koks gazi yuborilsa, shu gazning 1 l hajmi normal sharoitda qancha hajmni egallaydi?

44.Koks gazi normal sharoitda 40,9 l hajmni egallaydi. Agar shu gaz 308 K va 97270 Pa bosimda ekagausterga kiritilsa, qanday hajmga ega bo'ladi?

45.298 K va  $9,594 \cdot 10^4$  Pa bosimda gaz 1,5 l hajmga ega. Shu gaz 353 K va  $1,04 \cdot 10^5$  Pa bosimda qancha hajmni egallaydi?

46.Gazgolder sovutgichiga 353 K va 100600 Pa bosimda 1000 l koks gazi kiritilib, undan 308 K va 92280 Pa bosimda chiqariladi. Ushbu jarayonda gazning hajmi qanchaga o'zgaradi?

47. $CO_2$  gazi 288 K va 100600 Pa bosimda 290 l hajmni egallaydi, uning hajmini 137 l ga keltirish uchun  $2,253 \cdot 10^5$  Pa bosimda gazni necha gradusga qizdirish kerak?

48.283 K va  $9,684 \cdot 10^4$  Pa bosimda havo 275 l hajmga ega bo'lsa, uning hajmini 150 l ga keltirish uchun  $1,255 \cdot 10^5$  Pa bosimda haroratni necha gradusga pasaytirish kerak?

49.293 K va 250000 Pa bosimda 500 l hajmli po'lat idishga maksimum necha kg  $CO_2$ gazi sig'adi?

50. Bosimi 1013250 Pa bo'lgan 1 mol metan qanday haroratda 1000 ml hajmni egallaydi?

#### 4. Gaz molekularining harakat tezliklari

Berilgan haroratda  $n$  molekula gaz har xil tezlikda ( $U_1, U_2, U_3, \dots, U_k$ ) harakat qiladi va Maksvell qonuniga muvofiq hajm bo'ylab taqsimlanadi. Gazlarning kinetik nazariyasiga binoan gazning o'rtacha arifmetik va kvadrat tezliklari aniqlanadi.

Ba'zi gazlarning kvadrat tezliklari (m/soniya hisobida):

Gazlar	T. K			Gazlar	T. K		
	100	273,2	1273,2		100	273,2	1273,2
$H_2$	1112	1848	3968	$Cl_2$	187	310	669
$N_2$	298	493	1064	$CO_2$	–	390	–
$O_2$	279	461	996	$H_2$	–	180	–

Gaz molekularini shar shaklida deb faraz qilib, o'rtacha arifmetik  $U_a$  va  $U_{kB}$  qiymatlarini gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasidan keltirib chiqarilgan formulalar asosida hisoblanadi:

$$U_a = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}, \quad (16.1)$$

$$U_{kB} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (1.17)$$

bunda:  $M$  – gazning molekulyar massasi;

$R$  – universal gaz doimiysi;

$T$  – absolyut harorat, K;

$\pi=3,14$  o'zgarmas qiymat. shar aylanasi uzunligini uning diametriga nisbatiga teng.

(I.16) va (I.17) formulalardan gazning o'rtacha arifmetik  $U_a$  va  $U_{kB}$  lar qiymatlari ma'lum bo'lganida, uning haroratini ( $T$ ) ham hisoblab aniqlash mumkin.

**1- misol.**  $0^\circ\text{C}$  xlor molekulasining o'rtacha arifmetik tezligi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $t=0^\circ\text{C}$ ;  $T_0=273\text{ K}$ .

**Ma'lum:**  $R=8,314\cdot 10^3\text{ J/mol}\cdot\text{K}$ ;  $\pi=3,14$ .

**Noma'lum:**  $U_a=?$

**Yechish:** Gazning o'rtacha arifmetik tezligi (I.16) formuladan hisoblanadi:

$$U_a = \frac{\overline{8RT}}{\pi M} = \frac{8\cdot 8,314\cdot 10^3\cdot 273}{3,14\cdot 71} = \frac{18157776}{222,94} = \overline{81446,918} = 285,39 \frac{\text{m}}{\text{soniya}}$$

**2- misol.**  $127^\circ\text{C}$  da suv bug'i molekullari harakatining o'rtacha arifmetik va o'rtacha kvadrat tezliklarini hisoblab, bir biriga taqqoslang.

**Berilgan:**  $t=127^\circ\text{C}$ ;  $T=273+127=400\text{ K}$ ;  $\pi=3,14$ ;  $R=8,314\cdot 10^3\text{ kJ/kmol}\cdot\text{K}$ .

**Noma'lum:**  $U_a=?$ ;  $U_{kB}=?$

**Yechish:**  $U_a$  va  $U_{kB}$  larning qiymatlarini (I.16) va (I.17) formulalardan hisoblanadi:

$$1) U_a = \frac{\overline{8RT}}{\pi M} = \frac{8\cdot 8,314\cdot 10^3\cdot 400}{3,14\cdot 18} = \frac{26604800}{56,52} = \overline{470714,79} = 686,1 \frac{\text{m}}{\text{soniya}}$$

$$2) U_{kB} = \frac{\overline{3RT}}{M} = \frac{3\cdot 8,314\cdot 10^3\cdot 400}{18} = \frac{9976800}{18} = 744,5 \frac{\text{m}}{\text{soniya}}$$

$$3) \frac{U_{kB}}{U_a} = \frac{744,5}{686,1} = 1,085 \approx 1,09 \text{ marta kvadrat tezlik katta bo'ladi.}$$

**3- misol.** Qanday haroratda  $H_2$  molekularining harakat tezliklarining o'rtacha arifmetik qiymati 1500 m/soniya bo'ladi?

**Berilgan:**  $U_a = 1500$  m/soniya;  $R = 8.314 \cdot 10^3$  kJ/kmol·K;  $\pi = 3.14$ .

**Noma'lum:**  $T = ?$

**Yechish:**  $T$  ni (1.16) formuladan aniqlash mumkin:

$$U_a = \frac{8RT}{\pi M} \text{ dan } T = \frac{U_a^2 \cdot M \cdot \pi}{8R} \text{ bo'ladi.}$$

$$T = \frac{1500^2 \cdot 2 \cdot 3.14}{8 \cdot 8.314 \cdot 10^3} = \frac{14130000}{66512} = 212,44 \text{ K.}$$

### Masalalar

51.  $CO_2$  molekulasining 373K dagi o'rtacha arifmetik harakat tezligini hisoblang.
52.  $H_2$  molekulasining 293 K dagi o'rtacha arifmetik harakat tezligining qiymatini aniqlab,  $CO_2$  ning shunday qiymati bilan taqqoslang va molekularning harakat tezliklari to'g'risida mulohaza qiling.
53.  $O_2$  molekulasining 293 K dagi o'rtacha kvadrat harakat tezligini hisoblab chiqaring.
54. Metan va etan molekularining 773 K dagi o'rtacha kvadrat harakat tezliklari qiymatini hisoblab, ularni bir-biriga taqqoslab, qaysi molekula harakatchan ekanligini aniqlang.
55.  $H_2$  va  $O_2$  molekularining 293 K dagi o'rtacha kvadrat harakat tezliklarini aniqlab, ularni bir-biriga taqqoslab chiqing.
56.  $-173$  va  $+373^\circ C$  larda  $O_2$  molekulasining o'rtacha kvadrat harakat tezliklarining qiymatini hisoblab, tezlikka harorat qanday ta'sir qilishiga ahamiyat bering.
57. Kumush atomlarining 1473 K dagi o'rtacha kvadrat harakat tezliklarining qiymatini hisoblab, uni tajribada aniqlangan 580 m/sek qiymat bilan taqqoslang.
58. 423 K da benzol va toluol molekularining o'rtacha kvadrat harakat tezliklari qiymatini hisoblab, bir-biridan qancha farq qilishini aniqlang.
59.  $CO_2$  molekulasining harakat tezligining o'rtacha arifmetik qiymati 900 m/soniya bo'lishi uchun harorat necha gradus bo'lishi kerak?

60.324 K da  $H_2$  molekulasini harakat tezligining o'rtacha kvadrat qiymati 2000 m/soniya. Molekulaning shu tezligini 30% oshirish uchun haroratni necha gradusga ko'tarish kerak?

61.441,2 K da  $CO_2$  molekulasini harakatining o'rtacha kvadrat qiymati 500 m/soniya. Shu gaz molekulasining o'rtacha arifmetik tezlik qiymati shuncha bo'lishi uchun harorat necha gradus bo'lishi kerak?

62. Mis atomlari uchun 1373 K dagi harakat tezligini o'rtacha arifmetik va kvadrat qiymatlarini hisoblab chiqaring.

63. Qanday haroratda vodorod sulfid molekulasining harakat tezligini o'rtacha kvadrat qiymati 800 m/soniya bo'ladi?

64. Atsetilen molekulasining harakat tezligini o'rtacha kvadrat qiymati 376 K da 600 m/soniya ga teng bo'lsa, shu qiymatni 15% ga kamaytirish uchun atsetilenni necha gradusgacha sovutish kerak?

65. Qanday haroratda ammiak molekulasining harakat tezligini o'rtacha arifmetik va kvadrat qiymatlari 600 m/soniya bo'ladi?

## 5. Real yoki noideal gazlar

Ideal gazlar qonunidan keltirib chiqarilgan gazlarning holati tenglamasi (1.10) dan hisoblash ishlarida keng foydalaniladi. Lekin nazariy yo'l bilan hisoblangan ma'lumotlar, tajribada aniqlangan natijalarga ma'lum bosim va harorat chegarasidagina to'g'ri kelishi mumkin. Masalan, normal sharoitda ideal gaz qonunlari faqat bir atomli gazlarga ( $He, Ne, Ar$  va boshqalar) qo'llaniladi. Ikki atomli gazlarga ( $H_2, N_2, O_2, Cl_2$  va boshqalar) ideal gaz qonunlarini faqat yuqori haroratda (373–473 K) qo'llash mumkin. Uch va to'rt atomli ( $CO_2, NH_3, CH_4, H_2O$  bug'i va boshqalar) gazlar esa ideal gaz qonunlariga ancha yuqori 573–673 K va hatto undan ham yuqori haroratlarda bo'ysunadi. Ideal gaz qonunlari real gazlarga qo'llanilganida hisoblash ishlarida ular orasidagi farq 1% dan oshmasligi kerak. Masalan, hajmi 1 kmol, bir yoki ikki atomli gazlar 5 m<sup>3</sup>, uch va to'rt atomli gazlar 20 m<sup>3</sup> hajmini egallasa, hamda shu gazlar uchun ideal gaz qonunlari bo'yicha hisob qilinsa, xato 1% dan ortmasligi amalda isbotlangan.

Ideal gaz qonunlariga, ya'ni gazlar holati tenglamasi (I.10) ga bo'ysunmaydigan gazlar *real* yoki *noideal gazlar* deyiladi.

Real gaz parametrlari  $p$ ,  $V$  va  $T$  orasidagi o'zaro bog'liqlik Van-der-Vaals tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$p + \frac{a}{V^2} V - b = RT, \quad (I.18)$$

bunda:  $p$  – bosim, Pa;

$V$  – 1 kmol gaz hajmi, m<sup>3</sup>;

$a$  – molekullarning o'zaro tortishish kuchiga bog'liq bo'lgan doimiy son, J·m<sup>3</sup>/kmol;

$b$  – gaz molekulasining hajmiga bog'liq bo'lgan doimiy son, m<sup>3</sup>/kmol;  $a$  va  $b$  doimiy sonlar qiymati gazning tabiatiga bog'liq bo'ladi.

Ularning qiymatlari ilovadagi 0da berilgan.

Van-der-Vaals tenglamasi (I.18). 1 kmol gaz hajmi 0,3 m<sup>3</sup> dan ortiq bo'lsa, uning kritik haroratidan yuqoridagi holatini xarakterlaydi. Agar 1 kmol gaz hajmi 0,3 m<sup>3</sup> dan oz bo'lsa va uning holati kritik haroratidan quyi haroratda bo'lsa, ularga (I.18) formulani qo'llab bo'lmaydi. Bunday hollarda Mendeleyev–Klayperon tenglamasiga (I.9)  $Z_s$  tuzatma – gazning siqilish koeffitsiyenti kiritiladi, ya'ni

$$p = Z_s RT \quad (I.19)$$

bundan  $Z_s = \frac{p}{RT}$  bo'ladi.

Ideal gazlar uchun  $Z_c=1$ . Real gazlar uchun esa  $Z_c$  ning qiymati 1 dan farq qiladi. Siqilish koeffitsiyenti  $Z_c$  hosil qilingan bosim va haroratning funksiyasidir:

$$\pi = \frac{p}{p_{kr}}; \tau = \frac{T}{T_{kr}} \quad (I.20)$$

bunda:  $p$  – gaz bosimi;

$T$  – gazning harorati;

$p_{kr}$  – gazning kritik bosimi;

$T_{kr}$  – gazning kritik harorati.

Siqilish koeffitsiyenti grafik usulda aniqlanadi yoki 0da berilgan qiymatlardan foydalaniladi.

**1-misol.** 10 m<sup>3</sup> hajmdagi 1 kmol sulfit anhidrid gazı 373 K da qanday bosimni ko'rsatadi? Hisoblash uchun ideal va real gazlarning holat tenglamasidan foydalaniladi. Natijalarni solishtirib, shu sharoitda  $P$  ni hisoblash uchun Mendeleyev–tenglamasidan foydalanish mumkinligi to'g'risida xulosa qilinadi.

**Berilgan:** Odan  $a$  va  $b$  qiymatlari olinadi:

$$a = 0.676 \text{ J}\cdot\text{m}^3/\text{kmol}; b=0.0565 \text{ m}^3/\text{kmol}; T=373 \text{ K}; V=10 \text{ m}^3.$$

**Noma'lum:**  $p=?$

**Yechish:** 1) Real gaz (1.18) formulasidan  $p_1$  aniqlanadi:

$$p_1 = \frac{RT - a \frac{1}{V} - \frac{b}{V^2}}{(V-b)} = \frac{8,314 \cdot 10^3 \cdot 373 - 0,676 \cdot 0,1 - \frac{0,0565}{100}}{10 - 0,0565} = 311874,3 \text{ Pa}.$$

2) Mendeleyev–Klayperon tenglamasi asosida  $p_2$  hisoblanadi.

$$p_2 V = RT \text{ dan } p_2 = \frac{RT}{V} = \frac{8,314 \cdot 10^3 \cdot 373}{10} = 310112,2 \text{ Pa}.$$

3) Ikkala qiymat orasidagi farq aniqlanadi:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = 311874,3 - 310112,2 = 1762,1 \text{ Pa}.$$

4) Farqning foiz (%) miqdori topiladi:

$$311874,3 : 100 = 1762,1 : x$$

$$x = 0,57 \text{ \%}.$$

Real va ideal gazlarning holat tenglamalari (1.18) va (1.9) bo'yicha bosim aniqlanganida ular orasidagi farq 0,57 % ga teng bo'ladi. Shuning uchun  $a$  va  $b$  larning doimiy qiymatlarini hisobga olinmagan holda bosimni Mendeleyev–Klayperon tenglamasidan hisoblash ancha qulaydir.

**2- misol.** 1 kmol  $CH_4$   $2,0265 \cdot 10^6$  Pa bosimda 2 m<sup>3</sup> hajmni egallaydi. SHu sharoitdagi haroratni Van-der-Vaals tenglamasi asosida aniqlang.



**Berilgan:**  $m=1$  kmol;  $V=2$  m<sup>3</sup>;  $p=2.0265 \cdot 10^6$  Pa.  
 Jadvaldan olingan:  $a = 0,228$  J·m<sup>3</sup>/kmol;  $b=0,0428$  m<sup>3</sup>/kmol.

**Noma'lum:**  $t=?$

**Yechish:** *Van-der-Vaals tenglamasidan  $t$  aniqlanadi:*

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}; 2,0265 \cdot 10^6 = \frac{8,314 \cdot 10^3 \cdot T}{2 - 0,0428} - \frac{0,228}{2^2}$$

$$T=519,432 \text{ K yoki } t=T - T_0=519,432 - 273,15=246,282 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**3- misol.** 200°C va  $1.477 \cdot 10^8$  Pa bosimda gazlarning siqilish koeffitsiyentini hisobga olib, 1 kmol CO<sub>2</sub> gazining hajmini aniqlang.  
 CO<sub>2</sub> ning kritik harorat va bosimi 2-jadvalda berilgan.

**Berilgan:**  $t=200^\circ\text{C}$ ;  $T=200+273=473$  K;  $p_1=1.477 \cdot 10^8$  Pa;  
 $P_{kr}^{CO_2}=7.387 \cdot 10^6$  Pa;  $t_{kr}^{CO_2}=31^\circ\text{C}$ .  
 $T_{kr}=T_0-t_{kr}^{CO_2}=273 - 31=242$  K.

**Noma'lum:**  $Z_c=?$ ;  $V=?$

**Yechish:** *Siqilish koeffitsiyenti  $Z_c$  haqida fikr yuritilganida masalani Van-der-Vaals va Mendeleev-Klapperon tenglamasi bilan Yechish maqsadga muvofiq bo'lmaydi.*

*Masala (I.19) formula asosida echiladi:  $Z_c = \frac{pV}{RT}$  dan  $V = \frac{Z_c RT}{p}$  bo'ladi.*

1) (I.20) dan  $\pi$  va  $\tau$  aniqlanadi:

$$\pi = \frac{p}{p_{KP}} = \frac{1,477 \cdot 10^8}{7,387 \cdot 10^6} = 20 \text{ Pa.}$$

$$\tau = \frac{T}{T_{KP}} = \frac{473}{242} = 1,955.$$

*Ilovadagi 0dan quyidagi qiymatlar olinadi:*

$$\pi=20 \text{ va } \tau=1,8 \text{ da } Z_c=1,74; \pi=20 \text{ da } \tau=2 \text{ da } Z_c=1,68;$$

$$\tau = 2 - 1,8 = 0,2 \text{ ga ortganda } Z_c = 1,74 - 1,68 = 0,6 \text{ ga kamayadi.}$$

Masala sharti bo'yicha hisoblangan  $\tau = 1,945$  va  $\theta$  dan olingan  $\tau = 1,8$  orasidagi farq  $\tau = 1,945 - 1,8 = 0,145$  bo'ladi.

Proporsiya tuzib, shu farq (0,145) uchun  $Z_c$  aniqlanadi:

$$2) Z_c = 0,145 \cdot 0,06 = 0,0087$$

3)  $\tau = 1,945$  uchun  $Z_c$  hisoblanadi:

$$Z_c = 1,8 - 0,0087 = 1,7913$$

$$4) V = \frac{Z_c RT}{p} = \frac{1,7913 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 473}{1,477 \cdot 10^8} = 0,04769 \text{ m}^3 = 47,69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

### Masalalar

66. Gazlarning holati tenglamasidan foydalanib,  $0^\circ\text{C}$  da hajmi  $4,48 \text{ m}^3$  bo'lgan 1 kmol vodorodning bosimini aniqlang. Masala asosida olingan natijani tajribada aniqlangan  $52,28 \cdot 10^4 \text{ Pa}$  bosim bilan taqqoslab ko'ring.

67. Van-der-Vaals va ideal gaz holati tenglamalaridan foydalanib,  $373 \text{ K}$  da hajmi 1 l bo'lgan idishda 1 mol sulfid angidrid gazi saqlanadi. Shu gazning bosimini aniqlang.

68. Van-der-Vaals tenglamasi asosida  $373 \text{ K}$  dagi hajmi  $0,25 \text{ m}^3$  bo'lgan suv bug'i (1 kmol) bosimini aniqlab, shu bosim ideal gaz tenglamasi bo'yicha aniqlangan bosimdan qancha farq qilishini aniqlang.

69. Van-der-Vaals va Mendeleyev-Klayperon tenglamalari asosida hajmi  $300 \text{ m}^3$  bo'lgan 1 kmol  $\text{CO}_2$  ning  $390 \text{ K}$  dagi bosimini aniqlang va har ikkala bosimni bir-biriga taqqoslang.

70. Hovadagi  $\theta$  dan  $N_2$  ning kritik parametrlarini ( $p_{kr}$ ,  $t_{kr}$ ) oling, uning siqilish koeffitsiyenti  $Z_c$  ning qiymatini  $\pi$  va  $\tau$  bo'yicha  $\theta$  dan topib, 1 kmol  $N_2$  ning  $373 \text{ K}$  hamda  $6,79 \cdot 10^7 \text{ Pa}$  bosimdagi hajmini aniqlang.

71.2.jadvaldan  $O_2$  ning kritik parametrlari ( $p_{kr}$ , jadval  $t_{kr}$ ) ni olib, uning siqilish koeffitsiyenti  $Z_C$  ning qiymatini  $\pi$  va  $\tau$  bo'yicha 3-jadvaldan aniqlab, 1 kmol  $O_2$  ning 232,5 K hamda  $1.054 \cdot 10^8$  Pa dagi hajmini aniqlang.

72.2-jadvaldan  $H_2$  ning  $p_{kr}$  va  $t_{kr}$  qiymatlarini olib, uning  $\pi$  va  $\tau$  qiymatlarini hisoblang hamda shu qiymatlar asosida ( $Z_C$ ) ni aniqlab, 165,3 K va  $3.891 \cdot 10^7$  Pa bosimda 1 kmol gaz qancha hajmni egallashini aniqlang.

73.  $CO_2$  gazning parametrlari ( $p_{kr}$ ,  $t_{kr}$ ) ni 0dan olib, ular asosida  $\pi$  va  $\tau$  qiymatlarini hisoblang, shu qiymatlar bo'yicha 0dan gazning siqilish koeffitsiyenti  $Z_C$  ni aniqlang. 1 l gazning 573 K va  $2.216 \cdot 10^7$  Pa bosimdagi massasini (g) aniqlang.

74.2-jadvaldan  $H_2$  ning  $P_{kr}$  va  $t_{kr}$  qiymatlarini olib, ular asosida  $\pi$  va  $\tau$  larni hisoblang. Shu qiymatlar asosida 3-jadvaldan gazni siqilish koeffitsiyenti  $Z_C$  ning qiymatini oling, hamda shu qiymat va Van-der-Vaals tenglamasi-dan foydalanib, 293 K va  $1,3515 \cdot 10^7$  Pa bosimdagi 5 l gazning massasi (g) ni aniqlang.

75. Van-der-Vaals tenglamasi- bo'yicha 1kmol  $H_2S$  ning 500 ml hajmi  $6.66 \cdot 10^6$  Pa bosimda necha gradus haroratga ega bo'ladi?

## 6.Gazlar aralashmasi. Dalton qonuni

Gazlar aralashmasining xossalarini o'rganishda ularning parsial bosimlari muhim ahamiyatga ega. Parsial bosim deb, gazlar aralashmasining umumiy bosimini tashkil etuvchi ayni gaz bosimiga aytiladi.

Reaksiya bormagan vaqtda gazlar aralashmasining umumiy bosimi aralashma tarkibidagi gazlarning parsial bosimlari yig'indisiga teng bo'ladi (Dalton qonuni):

$$p_{um} = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_k$$

bunda:  $p_1, p_2, p_3, p_k$  lar aralashma tarkibidagi gazlarning parsial bosimlari.

Gazlar aralashmasining tarkibi, massa va hajmiy ulushlarda, mol sonlarda hamda mol ulushlarda ifodalanadi.

Aralashmadagi gazning massa ulushi deb, shu gaz massasining gazlar aralashmasining umumiy massasiga nisbatiga aytiladi:

$$G_1 = \frac{m_1}{m}; G_2 = \frac{m_2}{m}; G_3 = \frac{m_3}{m} \dots G_k = \frac{m_k}{m} \quad (I.21)$$

bunda:  $m_1, m_2, m_3 \dots m_k$  lar aralashmadagi gazlar massasi;  $m$  – gazlar aralashmasining umumiy massasi

Gazlar aralashmasining umumiy massasi  $m=m_1+m_2+m_3+\dots+m_k$  bo'lgani uchun  $G= G_1+G_2+G_3+\dots+G_k=1$  bo'ladi.

Gazlar aralashmasining tarkibini hajm birligida ifodalash mumkin, buning uchun gazlar aralashmasidagi gazlarni hajmi bir xil bosim va bir xil haroratga keltiriladi. Gazlar aralashmasi tarkibidagi bir gazni bosimi, aralashma bosimiga keltirilgan bo'lsa, bu bosim keltirilgan bosim deyiladi.

Gazlar aralashmasining umumiy bosimi va harorati ma'lum bo'lsa, Boyl–Mariott qonunidan foydalanib, keltirilgan bosimni aniqlash mumkin:

$$p_1 V'_{um} = V_1 p_{um}; p_2 V'_{um} = V_2 p_{um}; p_3 V'_{um} = V_3 p_{um} \dots p_k V'_{um} = V_k p_{um}$$

bunda:  $V_1, V_2, V_3 \dots V_k$  – aralashma tarkibidagi gazlarni keltirilgan hajmi;

$p_1, p_2, p_3 \dots p_k$  – aralashma tarkibidagi gazlarni parsial bosimlari.

Shuningdek, aralashmadagi gazlarning keltirilgan hajmlarini ham aniqlash mumkin:

$$V_1 = \frac{p_1 V_{um}}{p_{um}}; V_2 = \frac{p_2 V_{um}}{p_{um}}; V_3 = \frac{p_3 V_{um}}{p_{um}} \dots V_k = \frac{p_k V_{um}}{p_{um}} \quad (1.22)$$

Gazlarning keltirilgan hajmlarini yig'indisi gazlar aralashmasining umumiy hajmiga teng bo'ladi:

$$V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_k = V_{um}$$

Gazning keltirilgan hajmini gazlar aralashmasining umumiy hajmiga nisbati hajmiy ulush deyiladi va  $r$  bilan ifodalanadi:

$$r_1 = \frac{V_1}{V_{um}}; r_2 = \frac{V_2}{V_{um}}; r_3 = \frac{V_3}{V_{um}} \dots r_k = \frac{V_k}{V_{um}} \quad (1.23)$$

Gazlar aralashmasidagi har bir gazning mol sonlari  $n_1, n_2, n_3 \dots n_k$  larning gazlar aralashmasini umumiy mol soniga nisbati gazning mol ulushi deyiladi:

$$\frac{n_1}{n}, \frac{n_2}{n}, \frac{n_3}{n} \dots \frac{n_k}{n}$$

Gazlar aralashmasi uchun hajmiy va mol ulushda ifodalangan tarkib bir xil bo'ladi:

$$\frac{n_1}{n} = \frac{V_1}{V_{um}} = r_1; \frac{n_2}{n} = \frac{V_2}{V_{um}} = r_2; \frac{n_3}{n} = \frac{V_3}{V_{um}} = r_3 \dots \frac{n_k}{n} = \frac{V_k}{V_{um}} = r_k \quad (1.24)$$

Gazlar aralashmasidagi gazlar massasi ma'lum bo'lsa, ularning mol sonlarini aniqlash mumkin:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}; n_2 = \frac{m_2}{M_2}; n_3 = \frac{m_3}{M_3} \dots n_k = \frac{m_k}{M_k}, \quad (1.25)$$

bunda:  $m_1, m_2, m_3 \dots m_k$  – aralashmadagi gazlar massasi;

$M_1, M_2, M_3 \dots M_k$  – ayni gazlarning molekulyar massasi.

Gazlarning hajmiy ulushi ma'lum bo'lsa, aralashmaning o'rtacha molekulyar massasini hisoblash mumkin:

$$M_{o'r} = M_1 \cdot r_1 + M^2 \cdot r_2 + M^3 \cdot r_3 + \dots + M^k \cdot r_k. \quad (1.26)$$

Aralashmadagi gazlarning massasi, mol va hajm ulushlarini 100 ga ko'paytirib, gazlar aralashmasining tarkibi, hajm va massa ulushlarini foizda (%) ifodalash mumkin.

Hajmiy ( $r_k\%$ ) foizdan massa ( $m_k\%$ ) foizga o'tish uchun tubandagi formuladan foydalaniladi:

$$m_{k\%} = r_{k\%} \frac{M_k}{M_{o'r}}, \quad (1.27)$$

bunda:  $M_k$  – berilgan gazning molekulyar massasi;

$M_{o'r}$  – gazlar aralashmasining o'rtacha molekulyar massasi.

Agar aralashmadagi gazlarning tarkibiy qismi massa bilan ifodalansa, aralashmaning o'rtacha molekulyar massasi quyidagicha hisoblanadi:

$$M_{o'r} = \frac{1}{\frac{G_1}{M_1} + \frac{G_2}{M_2} + \frac{G_3}{M_3} + \dots + \frac{G_k}{M_k}}. \quad (1.28)$$

**1- misol.** Hajmi  $0,05 \text{ m}^3$  bo'lgan ballonda  $291 \text{ K}$  da  $0,042 \text{ kg } O_2$  va  $0,036 \text{ kg } NH_3$  saqlanadi. Har bir gazning parsial va aralashmaning umumiy bosimini aniqlang.

**Berilgan:**  $T=291 \text{ K}; V=0,05 \text{ m}^3; m_1=0,042 \text{ kg}; m_2=0,036 \text{ kg}.$

**Noma'lum:**  $p_{O_2} = ?; p_{NH_3} = ?; p_{um} = ?; n_{O_2} = ?; n_{NH_3} = ?$

**Yechish:** 1)  $O_2$  va  $NH_3$  ning kmol sonlari hisoblanadi:

$$n_{O_2} = \frac{0,042}{0,032} = 1,3125 \text{ kmol.}$$

$$n_{NH_3} = \frac{0,036}{0,017} = 2,1176 \text{ kmol.}$$

2)  $O_2$  va  $NH_3$  ning parsial bosimlari aniqlanadi:

$$p_{O_2} = \frac{nRT}{V_{um}} = \frac{1,3125 \cdot 8,314 \cdot 291}{0,05} = 63508,5675 \cong 63508,57 \text{ Pa}$$

$$p_{NH_3} = \frac{2,1176 \cdot 8,314 \cdot 291}{0,05} = 102465,3276 \cong 102465,33 \text{ Pa}$$

3) Aralashmaning  $p_{um}$  hisoblanadi:

$$p_{um} = p_{O_2} + p_{NH_3} = 63508,57 + 102465,33 = 165974 \text{ Pa}$$

**2- misol.** Hajmi 6 l bo'lgan asbobga vakuum bilan 100 g suv bug'i va 100 g geksan ( $C_6H_{14}$ ) kiritilib, 523 K gacha qizdirilgan. Shu vaqtda asbob ichidagi bosim qanday bo'lgan?

**Berilgan:**  $V=6$  l;  $T=523$  K;  $m_1=100$  g;  $m_2=100$  g.

**Noma'lum:**  $p=?$

**Yechish:** 1) Suv va geksanning mol sonlari hisoblanadi:

$$a) n_{suv} = \frac{100}{18} = 5,56 \text{ mol}$$

$$b) n_{geksan} = \frac{100}{86} = 1,163 \text{ mol}$$

$$d) \text{Umumiy mollar soni: } 5,56 + 1,163 = 6,723 \text{ mol}$$

2) Bosim aniqlanadi:

$$p = n \frac{RT}{V} = 6,723 \frac{8,314 \cdot 523}{6} = 4872,18 \text{ Pa}$$

**3- misol.** 100500 Pa bosimda  $O_2$  2 l hajmni egallaydi. Gazlar aralashmasining umumiy bosimini o'zgartirmaslik uchun  $O_2$  ga 83950 Pa bosimda qancha hajm azot qo'shish kerak?

**Berilgan:**  $p_1=100500$  Pa;  $p_2=83950$  Pa;  $V=2$  l.

**Noma'lum:**  $V_2=?$ ;  $p_{um}=?$

**Yechish:** 1)  $p_{um}=p_1+p_2=100500+83950=184450 \text{ Pa}$

2) (I.22) dan  $V_{um}$  hisoblanadi:

$$V_{um} = \frac{V_1 p_{um}}{p_1} = \frac{2 \cdot 184450}{100500} = 3,671 \text{ l.}$$

3)  $V_2 = V_{um} - V_1 = 3,671 - 2 = 1,671 \text{ l.}$

**4-misol.** 673 K va 101325 Pa bosimda  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$ , ayni reaksiya muvozanat holatida bo'lganida aralashma tarkibida 0,802 mol  $COCl_2$ ; 0,198 moldan  $CO$  va  $Cl_2$  gazlari bo'lsa, har qaysi gazning parsial bosimini aniqlang.

**Berilgan:**  $T=673\text{K}$ ;  $p=101325 \text{ Pa}$ ;  $n_1=0.802 \text{ mol}$ ;  $n_2=0.198 \text{ mol}$ ;  $n_3=0.198 \text{ mol}$ .

**Noma'lum:**  $p_1=?$ ;  $p_2=?$ ;  $p_3=?$

**Yechish:** 1) Har bir gazning hajmi (I.10) ga ko'ra aniqlanadi:

$$a) V_1 = \frac{n_1 RT}{p} = \frac{0,802 \cdot 8,314 \cdot 673}{101325} = \frac{4487,45}{101325} = 0,044 \text{ l.}$$

$$b) V_2 = \frac{n_2 RT}{p} = \frac{0,198 \cdot 8,314 \cdot 673}{101325} = \frac{1107,874}{101325} = 0,01 \text{ l.}$$

$$v) V_3 = \frac{n_3 RT}{p} = \frac{0,198 \cdot 8,314 \cdot 673}{101325} = \frac{1107,874}{101325} = 0,01 \text{ l.}$$

$$g) V_{um} = V_1 + V_2 + V_3 = 0,044 + 0,01 + 0,01 = 0,06 \text{ l.}$$

2) Har bir gazning parsial bosimi hisoblanadi:

$$a) p_{COCl_2} = \frac{p_{um} V_1}{V_{um}} = \frac{101325 \cdot 0,0443}{0,0663} = \frac{4458,3}{0,064} = 69660,94 \text{ Pa.}$$

$$b) p_{CO} = \frac{p_{um} V_2}{V_{um}} = \frac{101325 \cdot 0,01}{0,06} = \frac{1013,25}{0,064} = 15832,03 \text{ Pa.}$$

$$d) p_{Cl_2} = \frac{p_{um} V_3}{V_{um}} = \frac{101325 \cdot 0,01}{0,06} = \frac{1114,575}{0,06} = 15832,03 \text{ Pa.}$$

**5- misol.** Tarkibida 0,854 mol  $H_2$  va azot bo'lgan gazlar aralashmasi 293 K va  $3,55 \cdot 10^5$  Pa bosimda 25 l hajmini egallaydi. Aralashmadagi azotning massasi va mol soni aniqlansin.

**Berilgan:**  $n_{H_2}=0,854 \text{ mol}$ ;  $T=293 \text{ K}$ ;  $p=3,55 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ;  $V=25 \text{ l}$ .

**Noma'lum:**  $m_{N_2}=?; n_{N_2}=?; n=?$

**Yechish:**  $R_{um} = n \frac{RT}{V_{um}}$  dan  $n$  hisoblanadi:

$$1) \quad n = \frac{p_{um} V_{um}}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^5 \cdot 25}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 293} = \frac{8875000}{2436002} = 3,6433 \text{ mol}$$

$$2) \quad n_{N_2} = n - n_{H_2} = 3,6433 - 0,854 = 2,79 \text{ mol}$$

$$3) \quad m_{N_2} = M \cdot n_{N_2} = 28 \cdot 2,79 = 78,12 \text{ g}$$

**6- misol.** Quruq koks gazi tarkibida kimyoviy moddalar tutib qolinganiidan so'ng tarkibida hajm jihatdan (%): 56,7  $H_2$ ; 3,0  $CO$ ; 6,0  $CO_2$ ; 26  $CH_4$ ; 0,8  $O_2$ ; 5  $N_2$ ; 2,5  $C_2H_4$  gazlari bo'ladi. Shu gazlar aralashmasidagi har bir gazning massa miqdorini (%) va 355 K hamda 101325 Pa bosimdagi 100 l aralashmaning massasini aniqlang.

**Berilgan:**  $V_{H_2} = 56,7 \text{ l}; V_{CO} = 3,0; V_{CO_2} = 6,0; V_{O_2} = 0,8; V_{CH_4} = 26; V_{N_2} = 5;$   
 $V_{C_2H_4} = 2,5; T = 355 \text{ K}; P = 101325 \text{ Pa}; V_{um} = 1000 \text{ l}.$

**Noma'lum:**  $m=?$

**Yechish:** (1.27) dan gazlar massasining % miqdori hisoblanadi:

$m_{k\%} = r_{k\%} \frac{M_k}{M_{or}}$  (1.23) dan  $r$  aniqlanadi:  $r = \frac{V}{V_{um}}$ ; bunda  $V$  hajmlar foizi

$$1) \quad V_{um} = 56,7 + 6,0 + 3,0 + 0,8 + 26 + 5 + 2,5 = 100\%$$

$$2) \quad r_{H_2} = \frac{56,7}{100} = 0,567 \text{ } H_2 \text{ ning hajm ulushi.}$$

$$r_{O_2} = \frac{0,8}{100} = 0,008 \text{ } O_2 \text{ ning hajm ulushi.}$$

$$r_{CO_2} = \frac{6}{100} = 0,06 \text{ } CO_2 \text{ ning hajm ulushi.}$$

$$r_{CO} = \frac{6,3}{100} = 0,03 \text{ } CO \text{ ning hajm ulushi.}$$

$$r_{CH_4} = \frac{26}{100} = 0,26 \text{ } CH_4 \text{ ning hajm ulushi.}$$



$$r_{N_2} = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ } N_2 \text{ ning hajm ulushi.}$$

$$r_{C_2H_4} = \frac{2,5}{100} = 0,025 \text{ } C_2H_4 \text{ ning hajm ulushi.}$$

Gazlar aralashmasining o'rtacha molekulyar massasi (1.26) formuladan hisoblanadi:

$$\begin{aligned} 3) M_{o'r} &= M_{H_2} \cdot r + M_{O_2} \cdot r + M_{CO} \cdot r + M_{CO_2} \cdot r + M_{CH_4} \cdot r + \\ &+ M_{C_2H_4} \cdot r + M_{N_2} \cdot r = 0,567 \cdot 2 + 0,008 \cdot 32 + 0,06 \cdot 44 + \\ &+ 0,03 \cdot 28 + 0,26 \cdot 16 + 0,025 \cdot 28 + 0,05 \cdot 28 = 11,13 \end{aligned}$$

4) (1.27) formuladan har bir gazning massa miqdori % da hisoblanadi:

$$m_{H_2} = 0,567 \frac{2}{11,13} \cdot 100 = 10,19\%;$$

$$m_{O_2} = 0,008 \frac{322}{11,13} \cdot 100 = 2,3\%;$$

$$m_{CO_2} = 0,06 \frac{44}{11,13} \cdot 100 = 23,72\%;$$

$$m_{CH_4} = 0,26 \frac{16}{11,13} \cdot 100 = 37,38\%;$$

$$m_{CO} = 0,03 \frac{28}{11,13} \cdot 100 = 7,55\%;$$

$$m_{N_2} = 0,05 \frac{28}{11,13} \cdot 100 = 12,56\%;$$

$$m_{C_2H_4} = 0,025 \frac{28}{11,13} \cdot 100 = 6,29\%;$$

Gazlarning umumiy hajmi  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$  deb olinsa, uning normal sharoitdagi hajmining massasi (1.11) formuladan hisoblanadi:

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ dan } m = \frac{RT}{MpV} = \frac{8,314 \cdot 10^3 \cdot 355}{11,13 \cdot 101325 \cdot 1000} = 0,0026 \text{ g bo'ladi.}$$

**7- misol.** Gazlar aralashmasida hajm jihatdan (%); 55  $N_2$  va 45  $O_2$  bo'lsa, shu gazlar aralashmasining zichligi normal sharoitda qancha bo'lishi mumkin?

**Berilgan:**  $V_{N_2}=55\%$ ;  $V_{O_2}=45\%$ .

**Noma'lum:**  $\rho_{N_2}=?$ ;  $\rho_{O_2}=?$

**Yechish:**  $\rho = \frac{VM}{V_0}$  dan gazlarning zichligi hisoblanadi:

$$1) \quad 22,4:100 = x:55. V_{N_2} = 12,32 \text{ l.}$$

$$2) \quad 22,4:100 = x:45. V_{O_2} = 10,08 \text{ l.}$$

$$3) \quad \rho_{N_2} = \frac{12,32 \cdot 28}{22,4} = 15,4 \text{ g/l.}$$

$$4) \quad \rho_{O_2} = \frac{10,08 \cdot 32}{22,4} = 14,4 \text{ g/l.}$$

### Masalalar

76. Hajmi 20 l bo'lgan idishda, 291 K da 24 g  $NH_3$  va 28 g  $O_2$  saqlanadi. Gazlar aralashmasidagi har bir gazning parsial va aralashmaning umumiy bosimini aniqlang.

77. Hajmi 100 l bo'lgan idishda, 298 K da 40 g etilen va 30 g  $CH_4$  gazlari aralashmasi saqlanadi. Gazlar aralashmasini umumiy bosimi qanday bo'ladi?

78. Hajmi 7 l bo'lgan idishda 3.15 g  $N_2$  va 0,4 g  $H_2$  gazlari aralashmasi saqlanadi. 273 K da har bir gazning parsial va aralashmaning umumiy bosimi qanday bo'ladi?

79. Bosimi  $2 \cdot 10^5$  Pa 5 l  $N_2$ , bosimi  $2 \cdot 10^5$  Pa 2 l  $O_2$  va bosimi  $5 \cdot 10^5$  Pa 3 l  $CO_2$  gazlari aralastirilgan. Ularning umumiy hajmi 15 l. Aralashmaning umumiy va har bir gazning parsial bosimlarini aniqlang.

80. Bosimi 93280 Pa 2l  $H_2$ , bosimi 111900 Pa 5 l  $CH_4$  gazlari aralastirilgan. Aralashmaning umumiy hajmi 7 l. Har bir gazning parsial va umumiy bosimlari qanday bo'ladi?

81. Hajmi 3 l va 4 l bo'lgan  $O_2$  li ikkita ballon jo'mrakli nay orqali birlashtirilgan. Jo'mrak berk bo'lganida birinchi ballondagi kislorodning bosimi 55970 Pa, ikkinchidagi 103500 Pa ga teng bo'lsa.  $T=const$  da jo'mrak ochilsa, ballonlardagi bosim qanday bo'lib qoladi?

82.95940 Pa bosimda 3 l  $CH_4$ , 83950 Pa da 4 l  $H_2$  va 108700 Pa da 1 l  $CO_2$  gazlari aralashtirilgan. Aralashmaning umumiy hajmi 8 l ga teng. Har bir gazning parsial bosimi va aralashmaning umumiy bosimini aniqlang.

83.96940 Pa bosimdagi 3 l  $N_2$  ni 2 l  $O_2$  bilan aralashtirilgan, ularning umumiy hajmi 5 l ni tashkil qiladi. Bosim 104200 Pa ga teng. Aralashmadagi  $O_2$  ning bosimi qancha bo'lishi mumkin?

84. Idishda 119400 Pa bosimda 3 l  $N_2$  saqlanadi. Parsial bosimi 26650 Pa bo'lgan shu  $N_2$  ga qancha hajm  $H_2$  qo'shilsa, aralashmaning hajmi o'zgarmaydi?

85. Quruq havo tarkibida hajm jihatdan (%):  $N_2$  – 78,09;  $O_2$  – 20,95;  $Ar$  – 0,93;  $CO_2$  – 0,03 gazlari bo'lsa, normal atmosfera bosimda gazlarning parsial bosimlari qanday bo'ladi?

86. Hajmi 1,8 l bo'lgan gazometrda, 293 K da  $N_2$  va  $H_2$  gazlari aralashtirilgan.  $H_2$  ning parsial bosimi 50660 Pa, azotning miqdori 0,85 mol. Gazometrdagi gazlar aralashmasining bosimi qancha bo'ladi?

87. Bosimi 959400 Pa bo'lgan 3 m<sup>3</sup>  $CO_2$ , bosimi 106600 Pa 4m<sup>3</sup>  $O_2$  va bosimi 93200 Pa 6 m<sup>3</sup>  $N_2$  gazlari o'zgarmas haroratda aralashtirilgan bo'lib, ularning umumiy hajmi 10 m<sup>3</sup>. Aralashmadagi har bir gazning parsial bosimini va aralashmaning umumiy parsial bosimini aniqlang.

88. Kalashnikov gazining tarkibida hajm jihatdan (%):  $CO$  – 28;  $H_2$  – 3;  $CO_2$  – 10 va  $N_2$  – 59 gazlari bo'ladi. Aralashmaning umumiy bosimi 106400 Pa ga teng. Undagi har bir gazning parsial bosimini aniqlang.

89. Aralashma tarkibida hajm jihatdan (%):  $H_2$  – 3;  $CO_2$  – 11;  $N_2$  – 60 va  $CO$  – 26 gazlari bo'lib, aralashmaning umumiy hajmi 80 m<sup>3</sup> tashkil qiladi. Normal bosim va 291 K da shu aralashmaning massasi qancha bo'ladi?

90. Domna pechining quruq gazi tarkibida hajm jihatdan (%):  $CO$  – 28;  $H_2$  – 2,7;  $N_2$  – 58,5;  $CO_2$  – 10,5 va  $CH_4$  – 0,3 gazlar aralashmasi bo'ladi. 293 K va 101325 Pa bosimda aralashmaning umumiy hajmi 10 m<sup>3</sup>. Aralashmadagi har bir gazning og'irlik miqdorlarini foizda va aralashmaning umumiy massasini aniqlang.

91. Ammiakni sintez qilish uchun tayyorlangan azot–vodorod aralashmasini tarkibida hajm jihatdan (%):  $H_2 - 75$ ;  $N_2 - 25\%$  bo'ladi.  $300\text{ K}$  va  $2,4 \cdot 10^7\text{ Pa}$  bosimda  $1\text{ m}^3$  gazlar aralashmasining massasi qancha bo'ladi?

92. Hajmi  $200\text{ l}$  bo'lgan idishda  $408\text{ K}$  da  $82,1\text{ g}$  benzol va  $23,6\text{ g}$  toluol aralashmasi saqlansa, aralashmani bosimi qanday bo'ladi?

93. Quruq havo tarkibida hajm jihatdan (%):  $N_2 - 78,09$ ;  $O_2 - 20,95$ ;  $Ar - 0,93$  va  $CO_2 - 0,03$  aralash bo'ladi. Shu aralashmaning  $40\text{ m}^3$  hajmi  $295\text{ K}$  va normal bosimda qancha massaga ega bo'ladi?

94. Yer osti gazlashtirish sistemasidagi gazlar aralashmasida taxminan hajm jihatdan (%):  $CO - 12$ ;  $H_2 - 14$ ;  $N_2 - 62,2$ ;  $CO_2 - 10$  va  $CH_4 - 1,8$  gazlari bo'ladi. Aralashma tarkibidagi gazlarning massa miqdorini % da aniqlang.

94. Generator gazi tarkibida taxminan hajm jihatdan (%):  $CO_2 - 12$ ;  $H_2 - 14$ ;  $CO - 20$  va  $N_2 - 54$  gazlari bo'ladi. Generator gazi tarkibidagi har bir gazning hajm ulushini aniqlang.

## II bob. Termodinamika asoslari. Termokimyo

### 1. Moddalarning issiqlik sig'irlari

Qizdirilganda moddalarning issiqlik yutish xususiyatini namoyon qilib, ma'lum miqdordagi issiqlik sig'imga ega bo'ladi. Issiqlik sig'imi har xil moddalarda turlicha bo'ladi. Harorat 1°C ga ko'tarilganda modda yutgan issiqlik miqdori shu *moddaning issiqlik sig'imi* deyiladi.

Issiqlik sig'imi turlari har xil bo'lib, ular – solishtirma, mol, atom va hajm issiqlik sig'irlaridan iborat bo'ladi.

*Solishtirma issiqlik sig'imi* ( $c$ ) deb, harorat 1°C ga ko'tarilganda 1 g moddaning yutgan issiqlik miqdoriga aytiladi. Uni o'lchov birligi  $J/g \cdot K$  bo'ladi.

*Mol issiqlik sig'imi* deb, harorat 1°C ga ko'tarilganida 1 mol modda yutgan issiqlik miqdoriga aytiladi. O'lchov birligi  $J/mol \cdot K$  bo'ladi. Solishtirma issiqlik sig'imi qiymatini moddaning molekulyar massasiga ko'paytmasi mol issiqlik sig'im yoki molyar issiqlik sig'imini ifodalaydi:

$$C_{mol} = c \cdot M \quad (II.1)$$

bunda:  $C_{mol}$  – moddaning mol issiqlik sig'imi;

$c$  – solishtirma issiqlik sig'imi;

$M$  – molekulyar massa.

Issiqlik sig'im belgisining o'ng tomoniga moddaning kimyoviy belgisi daraja qilib ( $C^{CO_2}, C^{H_2O}$ ) yozilgan bo'lsa, demak,  $O_2$  va  $H_2O$  larning issiqlik sig'imi ko'rsatilgan bo'ladi.

Termodinamik jarayonlarda ishtirok etayotgan moddalarning agregat holatiga qarab, hajmiy issiqlik sig'im tushunchasi kiritilgan.

Normal sharoitda 1 l gaz harorati 1°C ga ko'tarilganda, gazni yutgan issiqlik miqdorini hajmiy issiqlik sig'im deyiladi va  $C_{haj}$  bilan ifodalaniladi.

Solishtirma va hajmiy issiqlik sig'irlari quyidagicha belgilanadi:

$$c = \frac{C_{mol}}{M} \quad J/l \cdot K, \quad (II.2)$$

$$C_{haj} = \frac{C_{mol}}{22,4} J/l \cdot K, \quad (II.3)$$

$$C_{haj} = \rho \cdot \frac{M}{22,4} J/l \cdot K, \quad (II.4)$$

bunda  $\rho$  – gazning normal sharoitda zichligi, g/l.

Gazlarning issiqlik sig'imi jarayon turiga qarab, o'zgarmas bosimda  $C_p$ , o'zgarmas hajmda  $C_V$  bilan ifodalanadi.

Gazlarda har doim  $C_p > C_V$  bo'ladi. Chunki doimiy bosimda gazning harorati ortishi bilan hajm ham ortadi, ya'ni harorat ko'tarilishi bilan hajm kengayib ish bajariladi ( $A$ ). Shuning uchun  $C_p = C_V + A$  ko'rinishida yoziladi.

1 mol ideal gaz o'zgarmas bosimda ( $p = const$ ) 1°C ga qizdirilsa, ya'ni  $A = R$  bo'ladi. Shunga muvofiq,  $C_p = C_V + R$  bo'ladi.  $C_p$  va  $C_V$  larning qiymatlari molekularning tuzilishiga bog'liq.

Real gazlarda  $C_p - C_V$  larning qiymati  $R$  qiymatidan ancha yuqori bo'ladi. Shuning uchun taxminiy hisoblashlarda uni hisobga olmasa ham bo'ladi. Masalan, ikki va uch atomli gazlarning issiqlik sig'imi harorat ko'tarilishi bilan ortadi.

Issiqlikni hisoblashda ko'pincha o'zgarmas haroratda haqiqiy mol issiqlik sig'imi ( $C_{haq}$ ) dan yoki o'rtacha ( $C$ ) mol va solishtirma ( $c$ ) issiqlik sig'imidan. ma'lum harorat intervalida ( $t_2 - t_1$ ) foydalaniladi. Tajribada ma'lum harorat intervalida issiqlik sig'imining o'rtacha qiymati aniqlanadi. Masalan, 1 mol moddani  $T_1$  dan  $T_2$  gacha qizdirish uchun  $Q$  miqdorda issiqlik sarflansa, o'rtacha issiqlik sig'imi:

$$C = \frac{Q}{T_1 - T_2} \quad (II.5)$$

bo'ladi

$T_2 - T_1$  lar farqi ( $\Delta T$ ) juda kichik bo'lganida o'rtacha issiqlik sig'imi haqiqiy issiqlik sig'imi qiymatini ifodalaydi va quyidagicha aniqlanadi:

$$C_{haq} = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{T} = \frac{dQ}{dT} \quad (II.6)$$

Issqlik balanslarini keltirib chiqarishda, harorat 0 dan °C gacha qizdirilganda aniqlangan, ya'ni jadvalda berilgan moddalarning issqlik sig'irlari ( $c_V, c_P, c, c_{haq}$  va boshqalar) dan foydalaniladi.

Jadvalda berilgan issqlik sig'im qiymati ma'lum harorat intervalida (0 dan °C gacha) gina o'sha qiymatga ega bo'ladi.

Masalan, 773 K da moddaning issqlik sig'imi shu harorat uchun to'g'ri keladi. 273–373 K; 473–773 K; 673–773 K lar uchun 773 K dagi issqlik sig'imi to'g'ri kelmaydi. Moddalar har bir haroratda o'ziga xos issqlik sig'imiga ega bo'ladi. Haqiqiy issqlik sig'iminin haroratga bog'liqligini matematik qiymatidan foydalanib, o'rtacha issqlik sig'imini, mol va solishtirma issqlik sig'irlarini aniqlash mumkin. Bu issqlik sig'irlari orasidagi o'zaro bog'liqlar quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$c_{haq} = a_0 + a_1T + a_2T^2 + \dots \quad (II.7)$$

yoki

$$c_{haq} = a_0 + a_1T + a_2'T^{-2} + \dots \quad (II.8)$$

bunda:  $a_0, a_1, a_2, a_2'$  – koeffitsiyentlar bo'lib, ko'pchilik moddalar uchun tajribada aniqlanadi.

Issqlik sig'imini aniqlashda (II.6) formuladan foydalaniladi:

$$Q = c_{haq} \cdot dT$$

Harorat  $T_1$  dan  $T_2$  ga ko'tarilganida yutilgan issqlik miqdori (II.6) ning integral qiymatidan hisoblash mumkin:

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} c_{haq} \quad (II.9)$$

(II.7) formuladagi haqiqiy (chin) issqlik sig'im qiymatini (II.9) ga qo'yib, quyidagi formula hosil qilinadi:

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} (a_0 + a_1T + a_2T^2 + \dots) dT \quad (II.10)$$

(II.5) formuladan issqlik sig'iminin o'rtacha ( $C$ ) qiymati asosida issqlik miqdorini aniqlash mumkin:

$$Q = C (T_2 - T_1) \quad (II.11)$$

(II.10) va (II.11) formulalarning chap tomonidagi qiymatlar teng bo'lgani uchun, ularning o'ng tomonidagi qiymatlar ham teng bo'ladi:

$$C T_2 - T_1 = \frac{T_2}{T_1} (a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + \dots) dT \text{ yoki } C T_2 - T_1 = a_0 T_2 - T_1 + a_1 \frac{T_2^2 - T_1^2}{2} + a_2 \frac{T_2^3 - T_1^3}{3}$$

$$\text{bundan } C = a_0 + a_1 \frac{T_2 - T_1}{2} + a_2 \frac{T_2^2 + T_2 T_1 + T_1^2}{3} \quad (\text{II.12})$$

bo'ladi.

(II.8) formula integrallansa, quyidagi qiymat kelib chiqadi:

$$C = a_0 + \frac{a_1}{2} T_2 + T_1 + \frac{a_2'}{T_2 T_1} \quad (\text{II.13})$$

Ko'pgina moddalar uchun ma'lum harorat intervalida issiqlik sig'iminin o'rtacha qiymati jadvallarda berilgan. Agar issiqlik sig'iminin qiymati berilmasa, u holda uni (II.13) formuladan hisoblash mumkin.

Chin issiqlik sig'iminin o'rtacha issiqlik sig'imi qiymatidan  $0 - T^{\circ}\text{C}$  intervalida aniqlash mumkin, buning uchun o'rtacha issiqlik sig'imi qiymati  $T$  ga ko'paytirilib, differensiallanadi:

$$C_{haq} = \frac{d}{dT} C \cdot T \quad (\text{II.14})$$

Aralashmalarda komponentlar o'zaro kimyoviy ta'sirlashmasa, uning issiqlik sig'imi aralash qoidasi asosida hisoblanadi:

$$C = \frac{1}{100} a c_1 + b c_2 + \dots, \quad (\text{II.15})$$

bunda:  $a, b$  – aralashmadagi komponentlar miqdori, % da;

$c_1, c_2$  – moddalarning solishtirma issiqlik sig'implari yoki (II.15) ni shunday ifodalash mumkin:

$$C = \frac{1}{100} a_0 c_1 + b_0 c_2 + \dots \quad (\text{II.16})$$

bunda:  $a_0, b_0$  – aralashmadagi moddalar gaz bo'lsa, ularning mol miqdori, % da;

$C_1, C_2$  – moddalarning mol issiqlik sig'implari.

Geterogen sistemalarda moddalarning issiqlik sig'implari bosimga bog'liq bo'ladi. Qattiq va suyuq moddalarning issiqlik sig'imi bosim o'zgarishi bilan



deyarli o'zgar olmaydi. Shuningdek, gazlarga nisbatan qattiq va suyuq moddalarning issiqlik sig'imga harorat kam ta'sir ko'rsatadi. Qattiq moddalarning issiqlik sig'imi yuqori haroratdan ko'ra past haroratda kuchliroq o'zgaradi. 0°C da qattiq moddaning issiqlik sig'imi 0 ga yaqinlashadi.

Qattiq moddalarning issiqlik sig'imi qiymatlarini haroratga bog'liq bo'lgan holatlari jadvallarda beriladi. Agar berilmagan bo'lsa, moddaning issiqlik sig'imi uning tarkibiga kiruvchi atomlarning issiqlik sig'imlarini algebraik yig'indisiga tengligidan foydalaniladi:

$$C = nC_i, ? \quad (\text{II.17})$$

bunda:  $C$  – qattiq moddaning issiqlik sig'imi;

$n$  – modda tarkibidagi atomlar soni;

$C_i$  – atomlarning issiqlik sig'imi.

Eritmalarning issiqlik sig'imi konsentratsiya ortishi bilan ko'pincha pasayadi va additivlik qonuniga bo'ysunmaydi.

Eritmalarning konsentratsiyasi 40–50 % bo'lganida (gazlar aralashmasiga o'xshash), aralash qoidasi asosida ularning issiqlik sig'imini aniqlash mumkin. Konsentratsiyasi kichik bo'lgan asos, kislota va tuz eritmalarining issiqlik sig'imi grafik asosida aniqlanadi.

1-v Normal bosim va 373–773 K haroratlar intervalida molekulyar massasi 92 bo'lgan bug' moddaning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi 2,01 J/g·K ga teng bo'lsa, o'zgarmas bosim va hajmda shu modda bug'ining o'rtacha mol issiqlik sig'imlari  $C_p$ ,  $C_V$  hamda ular orasidagi nisbat  $\frac{C_p}{C_V}$  ni aniqlang.

**Berilgan:**  $T = 373\text{--}773\text{ K}$ ;  $c = 2,01\text{ J/g}\cdot\text{K}$ ;  $R = 8,314\text{ J/g}\cdot\text{K}$ ;  $M = 92$ .

**Noma'lum:**  $C_p = ?$

**Yechish:** 1)  $C_p = c \cdot M$  dan mol issiqlik sig'imi hisoblanadi:

$$C_p = 2,01 \cdot 92 = 184,94\text{ J}\cdot\text{g}\cdot\text{K}$$

- 2) O'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi  $C_p = C + A$  dan aniqlanadi. Bunda  $A = R$  bo'lgani uchun  $C_V = C_p - R$   
 $C_V = 184,92 - 8,314 = 176,61 \text{ J} \cdot \text{g} \cdot \text{K}$ ,

$$3) \frac{C_p}{C_V} = \frac{184,92}{176,61} = 1,05.$$

**2-misol.** Havoning haqiqiy mol issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi (kJ/mol·K):  $C_p = 27,2 + 0,0042T$  tenglama bilan ifodalanishidan foydalanib: a)  $\frac{C_p}{C_V} = 1,4$  ga teng bo'lgan havoni 673 K da, o'zgarmas bosim va hajmdagi chin mol hamda solishtirma issiqlik sig'imi va b) 773–473 K haroratlar intervalidagi o'rtacha issiqlik sig'imini aniqlang.

**Berilgan:**  $C_p = 27,2 + 0,0042T$ ;  $\frac{C_p}{C_V} = 1,4$ ;  $T = 673 \text{ K}$ ;  $\Delta T = 773 - 473 = 300 \text{ K}$ ;  $M = 29$ .

**Noma'lum:**  $C_p = ?$ ;  $C_V = ?$ ;  $C = ?$ ;  $c = ?$

**Yechish:** 1)  $C_p = 27,2 + 0,0042T = 27,2 + 0,0042 \cdot 673 = 30,03 \text{ kJ}$ .

$$2) \frac{C_p}{C_V} = 1,4 \text{ dan } C_V = \frac{C_p}{1,4} = \frac{30,03}{1,4} = 21,45 \text{ kJ/mol}.$$

$$3) C_p = cM \text{ dan } c_{sol} = \frac{C_p}{M} = \frac{30,03}{29} = 1,04 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

$$4) c_{sol} = \frac{C_V}{M} = \frac{21,45}{29} = 0,74 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

5)  $Q = C_{haq} \cdot T = 27,02 + 0,0042T \text{ d}T = C T_2 - T_1$  tenglik asosida o'rtacha issiqlik sig'imi hisoblanadi:

$$Q = 27,2 \cdot 300 + 0,0042 \frac{300^2}{2} = 8160 + 189 = 8349 \text{ kJ/mol}$$

$$8349 = c T_2 - T_1 = C \cdot 300 \text{ dan } C = \frac{8349}{300} = 27,83 \text{ kJ/mol}$$

**3-misol.** Mol issiqlik sig'iminin haroratga bog'liqligi  $\text{kJ/mol}\cdot\text{K}$   
 $C_p = 9,05 + 0,208T - 0,0651 \cdot 10^{-3}T^2$  formula bilan ifodalangan. 1 kg etil  
 spirt ( $p=\text{const}$ ) 400 dan 600 K gacha qizdirilganida qancha issiqlik yutilishini  
 (kJ) aniqlang.

**Berilgan:**  $m=1 \text{ kg}; M=46; T=600-400 \text{ K}; \Delta T=200 \text{ K}.$

**Noma'lum:**  $Q=?$

**Yechish:**  $Q = \frac{m}{M} \int_{T_1}^{T_2} C_p \text{ dan issiqlik hisoblanadi.}$

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{1000}{46} \int_{400}^{600} (9,05 + 0,208T - 0,0651 \cdot 10^{-3}T^2) dT = \\
 &= 21,74 \int_{400}^{600} (9,05 + 0,208T - 0,0651 \cdot 10^{-3}T^2) dT = \\
 &= 21,74 \left[ 9,05 \cdot (600 - 400) + \frac{0,208}{2} (600^2 - 400^2) - \right. \\
 &\quad \left. - \frac{0,0651 \cdot 10^{-3}}{3} (600^3 - 400^3) \right] = 21,74 \left[ 9,05 \cdot 200 + 0,104 \cdot 360000 - \right. \\
 &\quad \left. - 160000 - 0,0217 \cdot 10^{-3} \cdot 216000000 - 64000000 \right] = \\
 &= 21,74 \cdot 1810 + 20800 - 3298,4 = 21,74 \cdot 19311,6 = 419,83 \text{ kJ.}
 \end{aligned}$$

**4-misol.** O'zgarmas bosimda mol issiqlik sig'imi  $20,95 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$  bo'lgan azot  
 473 dan 773 gacha qizdirilganida qancha issiqlik sarf bo'ladi?

**Berilgan:**  $C_p=20,95 \text{ J/mol}\cdot\text{K}; M=28; T_1=473 \text{ K}; T_2=773; \Delta T=300 \text{ K}.$

**Noma'lum:**  $Q=?$

**Yechish:** 1)  $c = \frac{C_p}{M} = \frac{20,95}{28} = 0,7482 \text{ J/g},$

$$2) Q = c (T_2 - T_1) = 0,7482 \cdot 300 = 224,46 \text{ J g.}$$

**5-misol.** Agar  $C_2H_4$  ning o'rtacha mol issiqlik sig'imlari  $C_{473}=48,7 \text{ J/mol}\cdot\text{K};$   
 $C_{773}=62,5 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$  bo'lsa, normal bosimda 10 kg  $C_2H_4$  ni 473 dan 773 K gacha  
 qizdirish uchun qancha issiqlik kerak bo'ladi?

**Berilgan:**  $m=10 \text{ kg}; M=28; T_1=473 \text{ K}; T_2=773; \Delta T=300 \text{ K};$

$$C_{473}=48,7 \text{ J/mol}\cdot\text{K}; C_{773}=62,5 \text{ J/mol}\cdot\text{K}.$$

**Noma'lum:**  $Q=?$

**Yechish:**  $Q = \frac{m}{M} C \cdot T$  dan har bir harorat uchun issiqlik qiymati hisoblanadi:

$$1) Q_1 = \frac{10000}{28} \cdot 48,7 \cdot 300 = 5217,86 \text{ kJ/mol},$$

$$2) Q_2 = \frac{10000}{28} \cdot 62,5 \cdot 300 = 6696,43 \text{ kJ/mol}.$$

$$3) \Delta Q = Q_2 - Q_1 = 6696,43 - 5217,86 = 1478,57 \text{ kJ/mol}.$$

**6-misol.** Yer ostini gazlashtirish sistemasidagi gazlar aralashmasida hajm jihatdan (%):  $CO - 12; O_2 - 14; N_2 - 62,2; CO_2 - 10$  va  $CH_4 - 1,8$  bo'lib. ularning o'rtacha issiqlik sig'imi (J/l·grad): 1,270; 1,295; 1,265; 1,688; 1,487 ga muvofiq keladi. Shu qiymatlardan foydalanib, gazlar aralashmasining o'rtacha hajm issiqlik sig'imini aniqlang.

**Berilgan:**  $V_{CO} = 12\%; V_{H_2} = 14\%; V_{N_2} = 62,2\%; V_{CO_2} = 10\%; V_{CH_4} = 1,8\%$

$$c^{CO} = 1,270 \text{ J/l} \cdot \text{K}; c^{H_2} = 1,295 \text{ J/l} \cdot \text{K}; c^{N_2} = 1,265 \text{ J/l} \cdot \text{K}$$

$$c^{CO_2} = 1,688 \text{ J/l} \cdot \text{K}; c^{CH_4} = 1,487 \text{ J/l} \cdot \text{K}$$

**Noma'lum:**  $C_{\text{haq}}=?$

**Yechish:**  $C_{\text{haq}} = \frac{1}{100} V_{CO} \cdot c^{CO} + V_{H_2} \cdot c^{H_2} + V_{N_2} \cdot c^{N_2} + V_{CO_2} \cdot c^{CO_2} =$

$$= \frac{1}{100} (12 \cdot 1,270 + 14 \cdot 1,295 + 62,2 \cdot 1,265 + 10 \cdot 1,688 + 1,8 \cdot 1,487) = 1,32 \text{ J/l}\cdot\text{K}$$

**7-misol.** 293–377 K haroratlar intervalida mis metallining oʻrtacha solishtirma issiqlik sigʻimi 0,394; rombik oltingugurtniki 0,735; temirniki esa 0,46 J/g·K ekanligini nazarda tutib, additivlik qoidasi asosida, xona harorat (20°C) sida xalkopirit ( $CuFeS_2$ ) ning solishtirma issiqlik sigʻimi topilsin va jadvalda berilgan  $c_{xalkopirit}=0,542$  J/g·K bilan solishtirib koʻrilsin.

**Berilgan:**  $T = 293 - 377$  K;  $c^{Cu} = 0,394$  J/g · K;  $c^S = 0,735$  J/g · K;  
 $c^{Fe} = 0,46$  J/g · K;  $C^{CuFeS_2} = 0,542$  J/g · K;  $M_{CuFeS_2} = 183,5$

**Nomaʼlum:**  $c_{xalkopirit} \approx ?$

**Yechish:** 1) Xalkopirit tarkibidagi elementlarning atom massalarini % miqdori hisoblanadi:

$$a) \quad 183,5: 100 = 63,54: x_{Cu} \Rightarrow x_{Cu} = \frac{100 \cdot 63,54}{183,5} = 34,63\%$$

$$b) \quad 183,5: 100 = 55,85: x_{Fe} \Rightarrow x_{Fe} = \frac{100 \cdot 55,85}{183,5} = 30,43\%$$

$$d) \quad 183,5: 100 = 64,13: x_S \Rightarrow x_S = \frac{100 \cdot 64,13}{183,5} = 34,94\%$$

$$2) \quad c_P = c^{Cu} \cdot m\% + c^{Fe} \cdot m\% + c^S \cdot m\% = \\ = 0,394 \cdot 0,3463 + 0,46 \cdot 0,3043 + 0,735 \cdot 0,3494 = \\ = 0,5331 \text{ J/mol} \cdot K$$

Hisoblab chiqarilgan  $c$ , qiymati jadvalda berilgan qiymatga taxminan yaqin, yaʼni 0,54  $\approx$  0,53.

**8-misol.** 20°C da 1 l suvda 20 g osh tuzi eritilgan boʻlib, shu haroratda osh tuzining oʻrtacha solishtirma issiqlik sigʻimi 0,864 J/g·K; suvniki esa 4.2 J/g·K ga teng. Suvning zichligi 988,2 g/l boʻlsa, hosil qilingan eritmaning oʻrtacha solishtirma issiqlik sigʻimi qanday boʻladi?

**Berilgan:**  $V=1$  l;  $\rho=988,2$  g/l;  $c_1=4,2$  J/g·K;  $m=20$  g;  $c_2=0,864$  J/g·K,

**Noma'lum:**  $c_3=?$

**Yechish:** 1) *suvning mol ulushi:*  $n_1 = \frac{998,2}{18} = 55,46 \text{ mol}$ ,

2) *osh tuzining mol ulushi:*  $n_2 = \frac{20}{58,5} = 0,342 \text{ mol}$ .

3) *mol ulushlarning yig'indisi:*  $N=55,46+0,342=55,8 \text{ mol}$ ,

4) *suvning o'rtacha mol issiqlik sig'imi:*

$$C_1 = c_1 \cdot n_1 = 4,2 \cdot 55,46 = 232,93 \text{ J/mol}\cdot\text{K}.$$

5) *osh tuzining o'rtacha mol issiqlik sig'imi:*

$$C_2 = c_2 \cdot n_2 = 0,864 \cdot 0,295 \text{ J mol}\cdot\text{K}.$$

6) *mol issiqlik sig'imlarini yig'indisi:*

$$C = C_1 + C_2 = 232,93 + 0,295 = 233,23 \text{ J/mol}\cdot\text{K}.$$

7)  $c_3 = \frac{C_K}{n} = \frac{233,23}{55,8} = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}\cdot\text{K}.$

### Masalalar

96. Normal bosim va 358–388 K da benzol bug'ining o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi 1.257 J/g·K bo'lsa, o'zgarmas bosim va hajmda benzolning issiqlik sig'imlari va ular orasidagi nisbat qanday bo'ladi?

97. O'zgarmas bosim va 373–773 K haroratlar intervalida suv bug'ining solishtirma issiqlik sig'imi 2,01 J/g·K. o'zgarmas bosim va hajmda suv bug'ining o'rtacha mol issiqlik sig'imi va ular orasidagi nisbat qanday bo'ladi?

98. Normal sharoitda azotning mol issiqlik sig'imi 20,95 J/mol·K bo'lsa, shu sharoitda azotning solishtirma va hajm issiqlik sig'imlari qanday bo'ladi?

99. Gematit ( $Fe_2O_3$ ) ning haqiqiy mol issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi  $C_p = 103,58 + 67,21 \cdot 10^{-3} T - 17,74 \cdot 10^{-5} T^2$  formula bilan ifodalansa, 1000 g gematit 289 K dan 1811 K gacha qizdirilganida qancha issiqlik (kJ) sarf bo'ladi?

100. Mol issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi  $C_p=28,8+0,01375T-1,435\cdot 10^{-6}T^2$  formula bilan ifodalansa, 100 kg suv bug'i 1100 K dan 400 K gacha izobarik sovutilganida qancha issiqlik ajralib chiqadi?
101. Mol issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi  $C_p=3,98+0,337T-0,1243\cdot 10^{-3}T^2$  (kJ/mol·K) formula bilan ifodalansa. 10 kg izopren bug'i 400 K dan 500 K gacha qizdirilganida qancha issiqlik ajralib chiqadi?
102. Agar  $C_p=33,14+10,27\cdot 10^{-3}T-16,8\cdot 10^{-7}T^2$  bo'lsa, benzolning 308 K dagi haqiqiy issiqlik sig'imi qanday bo'ladi?
103. Agar  $C_p=48,77+4,525\cdot 10^{-3}T$  bo'lsa. 1473–1573 K oralig'ida  $CaO$  ning o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi qanday bo'ladi?
104. Agar temirning haqiqiy issiqlik sig'imi 273 K dan 873 K gacha  $C_{haq}=0,4613+2,12\cdot 10^{-4}T+6,87\cdot 10^{-7}T^2$  bo'lsa, 373–473 K oralig'ida o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi qanday bo'ladi?
105. Kristobalit –  $\beta(SiO_2)$  ning haqiqiy mol issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi  $C_{haq}=71,61+1,9\cdot 10^{-3}T-37,59\cdot 10^{-5}T^2$  bo'lsa, uning 1 kg ni 289 K dan 1811 K gacha qizdirish uchun qancha issiqlik kerak bo'ladi?
106. Agar haqiqiy issiqlik sig'imi (kJ/m<sup>3</sup>K) ning haroratga bog'liqligi  $C_{haq}=1,62+3,56\cdot 10^{-3}T$  bo'lsa, normal bosimda 100 m<sup>3</sup> metan 373 K dan 473 K gacha qizdirilganida qancha issiqlik kerak bo'ladi?
107. Agar haqiqiy issiqlik sig'imi (kJ/m<sup>3</sup>K) ning haroratga bog'liqligi  $C_{haq}=1,55+4,64\cdot 10^{-5}T+2,55\cdot 10^{-7}T^2$  bo'lsa, normal bosimda 5 m<sup>3</sup> suv bug'i 773 K dan 473 K gacha sovutilganida qancha issiqlik ajraladi?
108. O'zgarmas bosimda issiqlik sig'imi 40,4 J/mol bo'lgan  $CO_2$  gazini 573 K dan 673 K gacha qizdirish uchun qancha issiqlik kerak bo'ladi?
109. O'zgarmas hajmda issiqlik sig'imi 22,2 J/mol bo'lgan metan gazini 493 K dan 593 K gacha qizdirish uchun qancha issiqlik kerak bo'ladi?
110. 373 K da quruq koks gazi tarkibiga hajm jihatdan (%): 56,7  $H_2$ ; 6  $CO$ ; 3  $CO_2$ ; 0,8  $O_2$ ; 26  $CH_4$ ; 5  $N_2$  va 2,5  $C_2H_4$  gazlari aralashgan bo'lib, shu haroratda

gazlarning issiqlik sig'imi (kJ/m<sup>3</sup>K): 1,299; 1,286; 1,751; 1,920; 1,630; 1,282; 2,200 bo'lsa, aralashmaning o'rtacha hajm issiqlik sig'imi qanday bo'ladi?

111.373 K da gazlar aralashmasida hajm jihatdan (%): 3  $H_2$ ; 11  $CO_2$ ; 26  $CO$  va 60  $N_2$  bo'lib, ularning hajm issiqlik sig'imi (kJ/m<sup>3</sup>K): 1,299; 1,761; 1,236 va 1,182 bo'lsa, aralashmaning o'rtacha hajm issiqlik sig'imi qanday bo'ladi?

112. Temir ma'dani tarkibida miqdor jihatdan (%): 84,1  $Fe_2O_3$ ; 7,5  $H_2O$ ; 8,4  $SiO_2$  va qo'shimcha jinslar bo'ladi. Ularning issiqlik sig'imi (kJ/kg·K): 0,61; 4,2 va qo'shimcha jinslarniki 1,17 bo'lsa, temir ma'danining o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi qanday bo'ladi?

113.293 K va 373 K haroratlar oralig'ida  $Cu$  ning solishtirma issiqlik sig'imi 0,394 (kJ/kg·K): 292 va 372 K haroratlar oralig'ida qalayning solishtirma issiqlik sig'imi 0,231 (kJ/kg·K) ekanligini hisobga olib, tarkibida 80 %  $Cu$ : va 20 % qalay bo'lgan metall qotishmasining xona haroratidagi solishtirma issiqlik sig'imi aniqlansin.

114. Xona haroratida metallarning solishtirma issiqlik sig'imi (kJ/kg·K):  $Cu$  – 0,394;  $Al$  – 0,035;  $Fe$  – 0,456 va  $Ni$  – 0,445 ga teng ekanligini hisobga olib, aralash qoidasi asosida, tarkibida miqdor jihatdan (%): 11  $Al$ ; 5,0  $Fe$ ; 6,0  $Ni$ ; 7,8  $Cu$  metallari bo'lgan qotishmaning solishtirma issiqlik sig'imini aniqlang. Olingan natijani jadvalda ko'rsatilgan 0,457 kJ/kg·K bilan taqqoslang.

115. Xona haroratida  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  tuzining o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi 1,128; suvniki esa 4,2 kJ/kg·K bo'lsa, shu haroratda zichligi 1 kg/m<sup>3</sup> bo'lgan 0,2n  $CuSO_4$  eritmasining o'rtacha solishtirma issiqlik sig'imi qanday bo'ladi?

## 2. Termodinamikaning I qonuni

Bu qonun har xil energiya turlarini ekvivalent miqdordalarda bir-biriga aylanishini o'rganadi. Shuning uchun bu qonunni energiyaning saqlanish qonuni ham deb ataladi.

Har qanday termodinamik sistema ma'lum miqdordagi energiyaga ega. Sistemadagi jism energiyasi uning ichki holatiga bog'liq bo'lib, o'sha jismning ichki energiyasi deyiladi. Ichki energiya  $U$  harfi bilan belgilanadi. Sistemaning



ichki energiyasi o'zgaruvchan parametrlarga bog'liq bo'lmaydi. Shuningdek, uning absolyut qiymatini ham aniqlab bo'lmaydi. Faqat sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tganidagi ichki energiyaning o'zgarish qiymatini aniqlash mumkin.

Sistemaning dastlabki holatidagi ichki energiyani  $U_1$ , oxirgi holatidagina  $U_2$  deb belgilansa, ular orsidagi farq  $\Delta U$  ichki energiyaning o'zgarish qiymatini ko'rsatadi, ya'ni  $\Delta U = U_2 - U_1$  bo'ladi.

Ichki energiyaning o'zgarishi sistemaning holatiga bog'liq. Sistema issiqlik olganida yoki chiqarganida, yoxud tashqi bosimga qarshi kengayish ishi bajarganida, hamda sistema o'z ichida ish bajarganida uning energiyasi o'zgaradi.

Sistema tashqaridan energiya olganida, uning ichki energiyasi ortadi. Sistema o'z hajmini o'zgartirib ish ( $A$ ) bajarganida uning ichki energiyasi o'zgaradi. Termodinamikaning I qonuni quyidagi matematik tenglama bilan ifodalanadi:

$$Q = \Delta U + A. \quad (II.18)$$

Agar sistema issiqlik yutsa  $Q$  qiymati musbat, aksincha, chiqarsa  $Q$  manfiy hisoblanadi. Sistemada hajm kengayib ish ( $A$ ) bajarilsa, uning qiymati musbat, aksincha, sistemaga ish sarflansa ish qiymati manfiy bo'ladi. Ichki energiyaning o'zgarish qiymati ham musbat, ham manfiy bo'ladi. Sistemaning ichki energiyasi: ortsa musbat, aksincha kamaysa u manfiy bo'ladi.

Har xil termodinamik jarayonlarda bir mol gaz hajmi  $V_1$  dan  $V_2$  ga o'zgarishida, sistemani bajargan ish qiymati ( $p = const$ ) o'zgarmas bosimda:

$$A_p = p(V_2 - V_1) \quad (II.19)$$

$R = p$  bo'lgani uchun

$$A_p = R(V_2 - V_1) \quad (II.20)$$

bo'ladi.

Izoxorik jarayon ( $V = const$ ) uchun, ya'ni  $V_1 = V_2$ , bo'lganida  $\Delta V = 0$  va  $A = 0$

bo'ladi.

Izotermik jarayon ( $T = const$ ) uchun, ya'ni

$$A_T = 2,303RT \lg \frac{V_2}{V_1};$$

$V$  va  $P$  bir-biriga teskari proporsional bo'lgani uchun

(II.22)

$$A_T = 2,303RT \lg \frac{p_1}{p_2} \text{ bo'ladi.}$$

Konsentratsiya bo'yicha  $A_T = 2,303RT \lg \frac{C_2}{C_1}$  deb yozish mumkin.

bunda:  $T$  – jarayon olib borilayotgan sistema harorati;

$V_1$  va  $V_2$  lar – gazning dastlabki va oxirgi holatlaridagi hajmlari;

$C_1$  va  $C_2$  – gazning dastlabki va oxirgi holatlaridagi konsentratsiyasi;

$p_1$  va  $p_2$  – gazning dastlabki va oxirgi holatlaridagi bosimlari;

$R$  – gazning universal konstantasi.

Har xil termodinamik jarayonlar uchun termodinamikaning I qonunini matematik ifodasi quyidagicha ifodalanadi. Izobarik jarayonda ( $p = const$ )

$$A_p = \Delta U + p(V_2 - V_1) \quad (II.23)$$

Izoxorik jarayonda ( $V = const$ )

$$Q_p = \Delta U \quad (II.24)$$

Izotermik jarayonda ( $T = const$ )  $\Delta U = 0$ ;  $Q_T = A = 2,303RT \lg \frac{V_2}{V_1}$  yoki

$$Q_T = A = 2,303RT \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (II.25)$$

Hisoblashlarda chiqarilayotgan yoki yutilayotgan issiqlikni aniqlash uchun entalpiya  $H_{298}^0$  qiymatidan foydalaniladi.

Ma'lum birlikdagi (g, kg, mol va boshqalar) moddani  $T_1$  dan  $T_2$  gacha o'zgarmas bosimda qizdirish uchun sarflangan issiqlik miqdori (II.5) formuladan aniqlanadi:  $Q_p = C_p T_2 - T_1 = C_p T_2 - C_p T_1$  bo'ladi.

Shu issiqlik miqdorini (izobarik jarayon uchun) (II.23) formuladan aniqlash mumkin:  $Q_p = U_2 - U_1 + p V_2 - V_1 = U_2 + pV_2 - U_1 + pV_1$ , bundan  $U_2 + pV_2 = H_2$  va  $U_1 + pV_1 = H_1$ , deb belgilab olinsa, u holda

$$Q = H_2 - H_1 \quad (II.26)$$

kelib chiqadi.

$H = U + pV$  o'zgarmas bosimda sistemaning holatini belgilovchi energiya miqdorini *entalpiya* deb ataladi.

Agar berilgan sharoitda entalpiya miqdori ma'lum bo'lsa, shu sharoitdagi moddaning issiqlik sig'imini tajribada aniqlash shart emas.

Entalpiya qiymatini hisoblash uchun jadvallarda berilgan ma'lumotlardan foydalaniladi. Undan tashqari, agar masala shartida yoki tajribada entalpiya qiymatini hisoblash kerak bo'lsa, u holda entropiya ( $S^0$ ), issiqlik va bosim qiymatlari ma'lum bo'lsagina.  $H-S$ :  $H-T$  va  $H-p$  larning o'zaro bog'liqligini ko'rsatuvchi diagrammalar tuzib, undan entalpiya qiymatini aniqlash mumkin.

Jadvallarda berilgan murakkab moddalarning entalpiya qiymatlari, standart sharoitda (25°C yoki 298 K va 101325 Pa bosim) o'lchangan. Standart sharoitda, oddiy moddalar (masalan:  $O_2, H_2, Cl_2, Na, Ca, Fe$  va boshqalar) ning hosil bo'lish issiqligi (entalpiyasi) shartli ravishda 0 deb qabul qilingan.

Gazlar aralashmasining entalpiya qiymatini aniqlash uchun esa aralash qoidasidan foydalaniladi:

$$\Delta H_{aralash} = \frac{1}{100} a_0 H_1 + b_0 \Delta H_2 + c_0 \Delta H_3 + \dots, \quad (II.27)$$

bunda:  $a_0, b_0, c_0$  – aralashmadagi gazlarning tarkibi (%);

$\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_3 \dots$  – gazlarning entalpiya qiymatlari (J/mol; kJ/mol hisobida).

**1-misol.** Toluolning bug'lanish issiqligi 317.8 J/g. Uning bug'i ideal gaz qonuniga bo'ysunadi, deb faraz qilib, 303 K da 50 g toluolni bug'lanishidagi ichki energiyaning o'zgarishini aniqlang.

**Berilgan:**  $T=303\text{ K}; l_{bug}=317,8\text{ J/g}; m=50\text{ g}; M_{tol}=92.$

**Noma'lum:**  $\Delta U=?$

**Yechish:** 1) 1 g-mol moddaning issiqligi  $Q = l_{bug} \cdot M$  tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$Q = 317,8 \cdot 92 = 29237,6\text{ J/mol.}$$

2) (II.18) formuladan  $\Delta H$  aniqlanadi:

$$Q = \Delta U + A \text{ dan } \Delta U = Q - A \text{ bo'lsa, } A = nR \text{ yoki } A = nRT,$$

$$\Delta U = Q - nRT = 29237,6 - \frac{50}{92} \cdot 8,314 \cdot 303 = 27,869 \text{ kJ mol.}$$

2- misol.  $C=40,2 \text{ J/mol}$  bo'lgan  $5 \text{ g CO}_2$  gazi o'zgarmas hajmda  $573$  dan  $673 \text{ K}$  gacha qizdirilsa qancha issiqlik sarf bo'ladi?

**Berilgan:**  $m=5 \text{ g}; M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g}, n = \frac{5}{44} = 0,144 \text{ mol}; C=40,2 \text{ J/mol};$   
 $T_1=573 \text{ K}; T_2=673 \text{ K}; \Delta T=100 \text{ K}.$

**Noma'lum:**  $Q=?$

**Yechish:**  $Q = nC T_2 - T_1 = 0,144 \cdot 40,2 \cdot 100 = 458,28 \text{ J}.$

3- misol.  $293 \text{ K}$  va  $101325 \text{ Pa}$  bosimda hajmi  $11,2 \text{ l}$  bo'lgan  $0,5 \text{ mol CO}_2$  gazi  $313 \text{ K}$  gacha qizdirilgan, natijada uning hajmi  $22,4 \text{ l}$  ga ortgan. Gazning kengayishida qancha ish bajarilgan?

**Berilgan:**  $T_1=293 \text{ K}; T_2=313 \text{ K}; p=101325 \text{ Pa}; V_1=11,2 \text{ l}; V_2=22,4 \text{ l};$   
 $n=0,5 \text{ mol}; \Delta T=313-293=20 \text{ K}.$

**Noma'lum:**  $A = ?; Q=?$

1)  $A = p V_2 - V_1 = 101325 \cdot 22,4 - 11,2 = 1135 \text{ kJ}.$

2)  $C_V = \frac{5}{2} R = 2,5 \cdot 8,314 = 20,785 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

3)  $Q = nC_V T_2 - T_1 = 0,5 \cdot 20,785 \cdot 313 - 293 = 207,85 \text{ J}.$

4- misol.  $323 \text{ K}$  va  $101325 \text{ Pa}$  bosimdagi  $1 \text{ mol}$  havoning harorati  $248 \text{ K}$  gacha pasaytirilsa qancha ish bajariladi?

**Berilgan:**  $T_1=323 \text{ K}; p=101325 \text{ Pa}; n=1 \text{ mol}; T_2=248 \text{ K}; \Delta T=75 \text{ K}.$

**Noma'lum:**  $p_2=?; A=?$

**Yechish:** 1)  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$  dan  $p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{101325 \cdot 248}{323} = 77797,5 \text{ Pa}$

2)  $A = 2,303nRT \lg \frac{p_1}{p_2} = 2,303 \cdot 1 \cdot 8,314 \cdot 75 \cdot \lg \frac{101325}{77797,5} =$

$164,78 \text{ J.}$

**5- misol.** 298 K da hajmi 10 l bo'lgan 2 mol azot gazi izotermik kengayganida hajmi 25 l ga etadi. Shu hajm kengayishda qancha ish bajariladi?

**Berilgan:**  $T=298 \text{ K}; V_1=10 \text{ l}; V_2=25 \text{ l}; n=2 \text{ mol.}$

**Noma'lum:**  $A=?$

**Yechish:**  $A = 2,303nRT \lg \frac{V_2}{V_1} = 2,303 \cdot 2 \cdot 8,314 \cdot 298 \cdot \lg \frac{25}{10} = 4541,17 \text{ J.}$

**6- misol.** 100 kmol gazlar aralashmasi tarkibida hajm jihatdan (%): 52  $H_2$ ; 30  $CO_2$ ; 15  $N_2$  va 3  $CO$  gazlari bo'lib. shu aralashma 773 K dan 1073 K gacha normal bosimda qizdirilsa. qancha issiqlik sarf bo'ladi? Gazlarning ko'rsatilgan haroratlardagi entalpiya qiymatlarini jadvaldagi odan olinadi.

**Berilgan:**  $T_1=773 \text{ K}; T_2=1073 \text{ K}; t_1=500^\circ\text{C}; t_2=800^\circ\text{C};$

$V_{H_2} = 52\%; V_{CO_2} = 30\%; V_{N_2} = 15\%; V_{CO} = 3\%.$

odan quyidagi ma'lumotlar olindi:

$T=800^\circ\text{C}$ da	$T=500^\circ\text{C}$ da
$\Delta H_{H_2}^0 = 23700 \text{ kJ/kmol}$	$\Delta H_{H_2}^0 = 14650 \text{ kJ/kmol}$
$\Delta H_{N_2}^0 = 24900 \text{ kJ/kmol}$	$\Delta H_{N_2}^0 = 14980 \text{ kJ/kmol}$
$\Delta H_{CO_2}^0 = 24820 \text{ kJ/kmol}$	$\Delta H_{CO_2}^0 = 22200 \text{ kJ/kmol}$
$\Delta H_{CO}^0 = 24800 \text{ kJ/kmol}$	$\Delta H_{CO}^0 = 15100 \text{ kJ/kmol}$

**Noma'lum:**  $\Delta H_1^0 = ?$ ;  $\Delta H_2^0 = ?$ ;  $\Delta H^0 = ?$

**Yechish:** 1)  $\Delta H_2^{800^0C} = V_{H_2} \cdot \Delta H_{H_2}^0 + V_{CO_2} \cdot \Delta H_{CO_2}^0 + V_{N_2} \cdot \Delta H_{N_2}^0 + V_{CO} \cdot \Delta H_{CO}^0$

$$0,52 \cdot 23700 + 0,30 \cdot 24820 + 0,15 \cdot 24900 + 0,03 \cdot 24800 = 24249 \text{ kJ}$$

$2\Delta H_1^{500^0C} = V_{H_2} \cdot \Delta H_{H_2}^0 + V_{CO_2} \cdot \Delta H_{CO_2}^0 + V_{N_2} \cdot \Delta H_{N_2}^0 + V_{CO} \cdot \Delta H_{CO}^0$

$$0,52 \cdot 14650 + 0,30 \cdot 22200 + 0,15 \cdot 14980 + 0,03 \cdot 15100 = 16978 \text{ kJ}$$

$$3) \Delta H^0 = \Delta H_2^0 - \Delta H_1^0 = 24249 - 16978 = 7271 \text{ kJ}$$

### Masalalar

116. Suyuq holatdagi suvning bug'lanish issiqligi 40714,2 J/mol. solishtirma hajmi 1,699 l/g. Normal bosimda suvning suyuq holatini hisobga olmasdan, 90 g suvning qaynash haroratidagi ichki energiya o'zgarishini aniqlang.

117. Benzolning bug'lanish issiqligi 30,92 kJ/mol bo'lsa (benzol bug'larining ideal gaz qonunlariga bo'ysunushini hisobga olib), 293 K da 200 g benzolning bug'lanishidagi ichki energiya o'zgarishini aniqlang.

118. Bug'ga aylanish issiqligi 2081,2 J/g bo'lgan suv bug'ini ideal gaz deb, suyuq suvning hajmini hisobga olmagan holda, 423 K da 1 mol suvning bug'lanishidagi ichki energiya o'zgarishini aniqlang.

119. Etil spirtining (yashirin) bug'lanishini solishtirma issiqligi 962,32 J/g, qaynash haroratidagi bug'ining hajmi 607 ml bo'lsa (spirtning suyuq hajmini hisobga olmagan holda) 100 g etil spirtining bug'lanish haroratidagi ichki energiya o'zgarishini aniqlang.

120. Normal sharoitda olingan 50 l kripton gazi o'zgarimas hajmda 573 K gacha qizdirilganda qancha issiqlik ajraladi?

121. 300 K da 8,8 g  $CO_2$  gazining hajmi 250 ml dan 740 ml gacha kengayadi. Shu hajm kengayishda gaz qancha ish ( $A$ ) bajaradi?

122. Azot gazi 98340 Pa bosimda qizdirilganida, uning hajmi 2 l dan 5 l gacha ortadi. Shu gaz kengayganida qancha ish ( $A$ ) bajaradi?
123. 98600 Pa bosimda geliy gazi qizdirilsa, uning hajmi 0,5 dan 3 l gacha ortadi. Shu hajm o'zgarishida qancha ish ( $A$ ) bajariladi?
124. 200 g havo  $1,325 \cdot 10^6$  Pa bosimda 80 l hajmini egallaydi. O'zgarmas bosimda shu gazning hajmi 4 marta oshirilsa, qancha ish ( $A$ ) bajariladi?
125. 0,8 kg  $CO_2$  gazining 273 K dagi hajmi 50 l bo'lib, shu haroratda 10 l hajmgacha siqiladi. Shu gaz izotermik siqilganida qancha issiqlik ( $Q$ ) sarflanadi?
126. 300 K da 1 mol  $Cl_2$  gazi izotermik kengayib, hajmi 2,24 dan 22,4 l ga qadar ohsa, shu jarayonda qancha ish ( $A$ ) bajariladi?
127. 298 K da 1 mol ideal gaz izotermik kengayganida bosim  $5,065 \cdot 10^5$  Pa dan  $1,01325 \cdot 10^5$  Pa ga o'zgaradi. Shu jarayonda qancha issiqlik ajraladi?
128. 1 mol azot gazini 283 K dan 303 K gacha izoxorik qizdirish uchun qancha issiqlik kerak bo'ladi?
129. 293 K va  $1,01325 \cdot 10^5$  Pa bosimda 5 l azot 323 K gacha qizdirilganida izobarik kengayib, hajmi 5,51 l bo'lib qoladi. Hajm kengayishi uchun sarflangan ish va ajralgan issiqlikni aniqlang.
130. 373 K va 101325 Pa bosimda 1 mol geliy gazi adiabatik kengayganida harorat 298 K ga pasayadi. Shu gaz hajm kengayishda qancha ish bajaradi?
131. 1 l etilenni 273 K dan 573 K gacha qizdirish uchun qancha issiqlik sarflanadi? Ko'rsatilgan haroratlarda uchun entalpiya qiymati ilovadagi  $\theta$  dan olinsin.
132. 1 l metanni 373 K dan 773 K gacha qizdirish uchun qancha issiqlik sarflanadi. Hisoblash uchun ko'rsatilgan haroratlardagi entalpiya qiymati ilovadagi  $\theta$  dan olinsin.
133. 100 mol gazlar aralashmasi tarkibida foiz jihatdan (%): 20  $CO$ ; 80  $CO_2$  gazlari bo'ladi. SHU gazlar aralashmasini 373 K dan 973 K gacha qizdirilganida qancha issiqlik ajralib chiqadi? Ko'rsatilgan haroratlarda uchun entalpiya qiymatini ilovadagi  $\theta$  dan oling.
134. 100 g gazlar aralashmasida miqdor jihatdan 82%  $N_2$ ; 8%  $SO_2$  va 10%  $O_2$  bo'lib, normal bosimda shu gazlar aralashmasini 573 K dan 773 K gacha qizdirish

uchun qancha issiqlik kerak bo'ladi? Ko'rsatilgan haroratlar uchun entalpiya qiymatini ilovadagi 0dan oling.

135. Normal bosimda 10 l  $SO_2$  gazini 573 K dan 773 K gacha qizdirish uchun qancha issiqlik sarflanadi? Hisoblash uchun ko'rsatilgan haroratlarga to'g'ri keladigan entalpiya qiymatini ilovadagi 0dan oling.

### 3. Termokimyo. Gess qonuni

Moddalarning kimyoviy o'zgarishi, shuningdek fizik jarayonlar (bug'lanish, kondensatlanish, suyuqlanish, erish, sublimatlanish, allotropik shakl o'zgarishi va boshqalar) sistemadagi moddalarning ichki energiyasini o'zgarishi bilan kechadi. Natijada shu jarayonlarning hammasi issiqlik ajralishi yoki yutilishi bilan sodir bo'ladi. Jarayonlarning issiqlik samarasini termodinamikaning termokimyo bo'limi o'rganadi.

Termokimyoviy jarayonlardagi issiqlik qiymatlarini aniqlash uchun:

a) reaksiyaning issiqlik samarasi: b) bug'lanish issiqligi: d) suyuqlanish issiqligi: e) yonish issiqlik qiymatlaridan foydalaniladi. Bular to'g'risidagi ma'lumotlar maxsus jadvallarda beriladi. Agar ma'lumotlar berilmagan bo'lsa, u holda ularni nazariy va empirik formulalar yordamida hisoblash mumkin.

*Kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasi* deb, o'zgarmas bosim yoki o'zgarmas hajmda, bir xil haroratda, qaytmas jarayonda ajralib chiqadigan yoki yutiladigan issiqlik miqdoriga aytiladi.

Termokimyoda yutilayotgan issiqlik miqdori (termodinamikani aksinicha) manfiy, chiqayotgani esa musbat ishora bilan ifodalanadi; ya'ni  $-Q = \Delta H$  yoki  $Q = -\Delta H$  ko'rinishda yoziladi.

Kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasi J/mol yoki kJ/mol bilan o'lchanadi. Issiqlik samarasi jarayon turiga qarab har xil bo'ladi: izoxorik jarayon uchun  $Q_V$  ( $V = const$ ); izobarik jarayon uchun  $Q_p$  ( $p = const$ ) bilan ifodalanadi.

Termodinamikaning I qonuni asosida kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasi:

$$Q_V = U_2 - U_1 \text{ yoki } Q_p = H_2 - H_1 = -\Delta H \quad (II.28)$$



bundan

$$Q_p = Q_V - p\Delta V \quad (II.29)$$

bo'ladi.

bunda:  $p$ –jarayon borayotgan sistemani bosimi Pa yoki kPa;

$\Delta V$  – sistemaning o'zgargan hajmi.

Ideal gaz ishtirokida borayotgan sistemada  $p=const$  bo'lsa hajmning o'zgarishi, molekular sonining o'zgarishiga bog'liq, ya'ni  $pV = nRT$  asosida (II.29) formula  $Q_p = Q_V - nRT$  qiymatga ega bo'ladi.

$V=const$  bo'lganida (II.29) asosida issiqlik samarasi  $Q_V = Q_p + nRT$  bilan ifodalanadi.

Gaz va gazsimon moddalarning molekular sonining aniqlash uchun tenglamaning chap qismidagi molekular sonini “–”, o'ng tomondagilari esa “+” ishora bilan belgilanadi.

Agar moddalar qattiq yoki suyuq holatida bo'lsa, sistemada molekular sonini o'zgarishi kuzatilmaydi, bunday hollarda  $Q_V = Q_p$  bo'ladi.

Kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasi harorat, bosim va reaksiyaga kirishayotgan moddalarning tabiatiga hamda agregat holatiga bog'liq bo'ladi. Yuqorida aytib o'tilganidek, reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning hosil bo'lish issiqlik qiymatlari (298 K va 101325 Pa) maxsus jadvallarda berilgan bo'ladi. Ammo jadvallarda hamma moddalarning hosil bo'lish issiqlik qiymatlari ko'rsatilmagan bo'lishi mumkin. Bunday hollarda reaksiyaning issiqlik samarasi Gess qonuni va undan kelib chiqadigan xulosalar asosida, kimyoviy moddalar tarkibidagi atomlararo bog'larni uzilish energiyasi qiymatlaridan foydalanib aniqlanadi.

Gess qonuniga muvofiq, kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasi ( $p=const$  va  $V=const$ ) reaksiyani qanday yo'l bilan borishiga bog'liq bo'lmasdan, faqat sistemaning dastlabki va oxirgi holatlariga bog'liq bo'ladi.

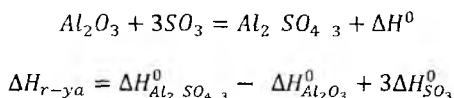
Termokimyoviy hisoblashlarda Gess qonunidan keltirib chiqarilgan ikkita qo'ldadan foydalaniladi:

1) kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasi, reaksiya mahsulotlarining hosil bo'lish issiqliklari yig'indisidan, reaksiyaga kirishayotgan reagentlarning hosil bo'lish issiqliklari yig'indisini ayirmasiga teng.

Moddalarning hosil bo'lish issiqligini hisoblashda moddalar oldidagi koeffitsiyentlar hisobga olinadi. Kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasini aniqlash tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\Delta H_{r-ya} = n\Delta H_{max}^0 - n\Delta H_{dast.modda}^0 \quad (II.30)$$

*Masalan*, alyuminiy oksid va sulfat anhidriddan alyuminiy sulfat tuzi hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik samarasini hisoblash uchun, dastlab reaksiya tenglamasi yoziladi va koeffitsiyentlar tenglashtiriladi:



bo'ladi.

2) kimyoviy birikmalarda boradigan reaksiyaning yonish issiqlik samarasi, reaksiyaga kirishayotgan moddalarning yonish issiqligini yig'indisidan, mahsulotlarning yonish issiqliklari yig'indini ayirmasiga teng bo'ladi. Bunda ham koeffitsiyentlar hisobga olinadi:

$$\Delta H_{r-ya} = n\Delta H_{dast.modda}^0 - n\Delta H_{max.yon}^0 \quad (II.31)$$

Gess qonunidan keltirib chiqarilgan shu ikkala qoida asosida standart sharoitda berilgan anorganik moddalarning hosil bo'lish va organik moddalarning yonish issiqlik qiymatlaridan foydalanib, turli xil reaksiyalarning issiqlik samarasi qiymatlarini aniqlash mumkin.

Kimyoviy moddalar tarkibiga kiruvchi atomlarning kimyoviy bog'lanish energiyasini uzilish qiymati asosida reaksiyaning issiqlik samarasini aniqlashda quyidagi ikkita shartga amal qilinadi:

1) atomlar orasidagi bog'lanish energiyasi. atomlar qanday molekula tarkibida bo'lishidan qat'iy nazar, ozmi - ko'pmi doimiy energiya qiymatiga ega bo'ladi;

2) atom bog'lanish additiv xususiyatga ega, ya'ni gaz holatidagi molekularlar tarkibidagi atomlarning bog'lanish energiyasini yig'indisi, molekularlarni ayrim qismlaridagi atom bog'lanish energiyalari yig'indisiga teng bo'ladi.

Shuning uchun molekuladagi kimyoviy bog'lanish energiyasi asosida hisoblangan moddalarning hosil bo'lish issiqligi moddalarning standart sharoitda berilgan hosil bo'lish issiqligiga qiymati jihatdan teng bo'ladi.

#### 4. Moddalarning erish issiqligi

Ma'lum miqdordagi (1 mol, 1 kmol va hokazo) moddaning ko'p miqdordagi erituvchida erishida yutilgan yoki ajralib chiqqan issiqlik miqdori, ayni *moddaning erish issiqligi* deyiladi. Erish issiqligi  $j$  va kJ bilan ifodalanadi. Ko'p miqdordagi erituvchi deganda 300–400 mol suv yoki boshqa erituvchi ko'zda tutiladi. Erituvchi miqdori shu mo'ljaldan ortib ketsa, erish issiqligi samarasida o'zgarish kuzatilmaydi. Erish issiqligini tajribada aniqlash mumkin. Ko'pchilik moddalarning erish issiqlik qiymatlari ham jadvallarda beriladi. Agar erigan modda molekularlari bilan erituvchi molekularlari o'zaro ta'sirlashib gidratlar (solvatlar) hosil qilsa yoki erigan moddaning molekularlari ionlarga dissotsilansa, jadvalda berilgan erish issiqligi qiymatiga gidratlanish (solvatlanish) hamda dissotsilanish issiqlik qiymatlari qo'shilgan bo'ladi.

Erish issiqligi ikki hil bo'ladi: integral va differensial. 1 mol modda toza va ko'p miqdordagi (erituvchi miqdori  $n \rightarrow \infty$ ) erituvchida eriganida ajralib chiqqan yoki yutilgan issiqlik miqdori o'sha moddaning *integral erish issiqligi* deyiladi.

Birorta modda erigan eritmaga yana o'sha moddadan 1 mol solib eritilganda ajralib chiqqan yoki yutilgan issiqlik miqdorini differensial erish issiqligi deyiladi.

Erish issiqligini tajribada aniqlash uchun  $g$  g modda  $G$  g erituvchida eritiladi va termometr bilan haroratlar aniqlanib, ular orasidagi farq ( $\Delta t$ ) hisoblanadi va quyidagi formula asosida erish issiqligi aniqlanadi:

$$\Delta H_{erish} = \frac{c_p \cdot m + K \cdot \Delta t \cdot M}{g} \quad (\text{II.32})$$

bunda:  $m$  – eritma massasi ( $g-G$ );  $G$  – erituvchi miqdori,  $g$ ;

$g$  – eritilgan modda miqdori,  $g$ ;

$M$  – erigan moddaning molekulyar massasi,  $g$ ;

$c_p$  – eritmaning issiqlik sig'imi;

$K$  – kalorimetr doimiyligi yoki uning issiqlik sig'imi.

1 mol mineral kislota  $n$  mol suvda eritilganida erish issiqligi quyidagi empirik formula yordamida hisoblanadi:

$$\text{a) } HCl + n + 1 H_2O; \Delta H_{erish}^{HCl} = \frac{50,1 \cdot n}{n+1} + 22,5 \text{ kJ/mol.} \quad (\text{II.33})$$

$$\text{b) } H_2SO_4 + nH_2O; \Delta H_{erish}^{H_2SO_4} = \frac{74,8 \cdot n}{n+1,7983} \text{ kJ/mol.} \quad (\text{II.34})$$

$$\text{v) } HNO_3 + nH_2O; \Delta H_{erish}^{H_2O} = \frac{37,6 \cdot n}{n+1,737} \text{ kJ/mol} \quad (\text{II.35})$$

Tuzlarning erish issiqligi kalorimetrda aniqlanadi. Dastlab erituvchi harorati ( $t_1$ ), keyin tuzni erituvchiga solinganida boradigan erish jarayonining harorati ( $t_2$ ) o'lchanadi. Harorat farqi  $\Delta t = t_2 - t_1$  aniqladi. Tuzning erish issiqligi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$Q_{erish} = K \Delta t. \quad (\text{II.36})$$

bunda:  $K$  – kalorimetr doimiyligi.

**1-misol.** 9,34 g  $KCl$  tuzi 44,54 g suvda eritilganida harorat  $1,12^\circ C$  ga pasayadi. Hosil qilingan eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi  $4,1 \text{ J/g} \cdot K$  bo'lib, kalorimetr asbob doimiyligi  $122,7 \text{ J/K}$  ekanligini hisobga olib, tuzning integral erish issiqligini hisoblang.

**Berilgan:**  $g=9,34 \text{ g}$ ;  $G=44,54 \text{ g}$ ;  $M_{KCl}=74 \text{ g}$ ;  $\Delta t=1,12^\circ C$ ;  $c=4,1 \text{ J/g} \cdot K$ ;

$K=122,7 \text{ J/K}$ ; eritma  $m=9,34+44,54=53,88 \text{ g}$ .

**Noma'lum:**  $Q_{m.}^{KCl}=?$

**Yechish:** Erishning integral issiqligi  $Q_{in} = \frac{C_p \cdot m + K \Delta t \cdot M}{g}$  dan hisoblanadi:

$$Q_{in}^{KCl} = \frac{4,1 \cdot 53,88 + 122,7 \cdot 1,12 \cdot 74}{9,34} = 30,5 \text{ J/mol.}$$

**2- misol.** 400 g suvda 38 % HCl dan 200 g eritilganida qancha issiqlik ajraladi?

**Berilgan:**  $G=400 \text{ g}; c=38\%; m=200 \text{ g}.$

**Noma'lum:**  $n_1=?; n_2=?; g=?$

**Yechish:** 1) Eritma tarkibidagi HCl miqdori hisoblanadi:

a)  $100:38 = 200:x; x = 76 \text{ g.}$

b)  $n_2 = \frac{76}{36,5} = 2,08 \text{ mol.}$

2) Eritma tarkibidagi suvning massasi va mol miqdori aniqlanadi:

a)  $m = G + m = 400 + 200 = 600 \text{ g.}$

b)  $G_{suv} = 600 - 76 = 524 \text{ g.}$

d)  $n_1 = \frac{524}{18} = 29,11 \text{ mol.}$

3) 1 mol HCl uchun sarflangan suvning mol miqdori aniqlanadi:

$$\frac{29,11}{2,08} = 14 \text{ mol}$$

4) Erish issiqligi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\Delta H_{erish}^{HCl} = \frac{50,1 \cdot n}{n+1} + 22,5 \text{ kJ/mol.}$$

$$\Delta H_{erish}^{HCl} = \frac{50,1 \cdot 14}{14+1} + 22,5 = 69,26 \text{ kJ/mol.}$$

## 5. Organik moddalarning yonish issiqligi

Organik kimyo nazariyasidan ma'lumki, organik birikmalar molekulasida oddiy yoki murakkab bo'lishiga qaramasdan, ular yonadi. Yonish jarayonida issiqlik chiqadi.

1 mol organik birikmani kislorod oqimida yondirilganida ajralib chiqqan issiqlik miqdori (kJ) o'sha moddaning yonish issiqligi deb ataladi.

Organik moddalar tarkibidagi  $C, H, N, S$  atomlari  $O_2$  ta'sirida oksidlanib,  $CO_2, H_2O, SO_2$  va  $NO_2$  gazlariga aylanadi.

Yonish issiqligi ham kalorimetrdan aniqlanadi. Yonish issiqligi qiymatini D.P. Konovalov tenglamasidan hisoblanadi:

$$\Delta H_V^{yon} = 204,2n + 44,4m + x, \quad (II.37)$$

bunda:  $n$  – yonish uchun sarf bo'lgan kislorodning mol sonlari;

$m$  – hosil bo'ladigan suvning mollar soni;

$x$  – termik xarakteristika, uglevodorodlarning gomolog qatori uchun doimiy son.

Uglevodorodlar qancha to'yinmangan bo'lsa,  $x$  ning qiymati shuncha katta bo'ladi:

$CH \equiv CH$  uglevodorodlari uchun  $x = 213,4$  kJ/mol,

$CH_2 = CH_2$  uglevodorodlari uchun  $x = 87,9$  kJ/mol.

To'yingan uglevodorodlar uchun  $x = 0$

Agar molekula tarkibida har xil atom guruhi va bog'lar bo'lsa, u holda xarakteristika qiymatining yig'indisi  $x$  aniqlanadi.

**1- misol.** 298 K da oddiy moddalardan  $CH_4$  ning hosil bo'lish issiqlik samarasi ( $p=const$ )  $Q_p = 74,95$  kJ/mol bo'lsa, shu haroratda  $Q_V$  qancha bo'ladi?

**Berilgan:**  $T=298$  K;  $Q_p = 74,95$  kJ/mol.

**Noma'lum:**  $Q_V = ?$

**Yechish:** *Reaksiya tenglamasini yozib, mol sonlarini yig'indisi hisoblanadi:*

$C + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4$ , bunda  $\Delta n = -2 + 1 = -1$

$Q_p = Q_V - nRT$  dan  $Q_V = Q_p + nRT$  bo'ladi.

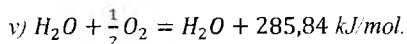
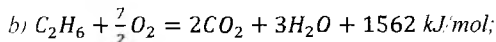
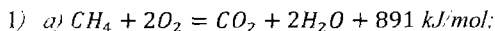
$$Q_V = Q_{Pp} - nRT = 74,95 - 1 \cdot 8,314 \cdot 298 = 74950 - 2477,6 = 72,47 \text{ kJ/mol.}$$

**2- misol.** Etanning yonish issiqligi 1562 kJ/mol, metanniki 891 kJ/mol va vodorodniki 285,84 kJ/mol ekanligini hisobga olib,  $C_2H_6 + H_2 \rightleftharpoons 2CH_4 + \Delta H^0$ , reaksiyaning issiqlik samarasi hisoblang.

**Berilgan:**  $\Delta H_{CH_4}^{yon} = 891 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_{C_2H_6}^{yon} = 1562 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_{H_2}^{yon} = 285,84 \text{ kJ/mol}$ .

**Noma'lum:**  $\Delta H^0 = ?$

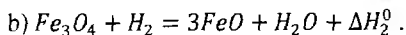
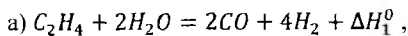
**Yechish:** *moddalarning yonish reaksiyalarini tenglamasi yoziladi:*



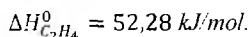
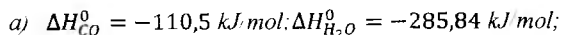
2) *reaksiyaning issiqlik samarasi (II.30) dan hisoblanadi:*

$$\begin{aligned} \Delta H_{r-ya}^0 &= \Delta H_{C_2H_6}^0 + \Delta H_{H_2}^0 - 2\Delta H_{CH_4}^0 = \\ &= 1562 + 285,84 - 2 \cdot 891 = 65,84 \text{ kJ/mol.} \end{aligned}$$

**3- misol.** Moddalarning standart sharoitda berilgan  $\Delta H_{298}^0$  hosil bo'lish entalpiya qiymatlaridan foydalanib, quyidagi reaksiyalarning issiqlik samarasini aniqlang.



**Yechish:** *0dan entalpiya qiymatlari olinadi:*



$$b) \Delta H_{FeO}^0 = +263,68 \text{ kJ mol}; \Delta H_{Fe_3O_4}^0 = -1117,71 \text{ kJ mol};$$

$$\Delta H_{H_2O}^0 = -285,84 \text{ kJ mol}.$$

$$a) C_2H_4 + 2H_2O = 2CO + 4H_2 + \Delta H_1^0;$$

$$\Delta H_1^0 = 52,28 - 2 \cdot 285,84 + 2 \cdot 110,5 = -298,4 \text{ kJ/mol}.$$

$$b) \Delta H_2^0 = 3 \cdot -263,68 - 285,84 + 1117,71 = 40,83 \text{ kJ mol}.$$

**4 – misol.**  $2C_{graf} + 2H_2 = C_2H_4 + \Delta H$  shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalardagi atomlararo bog'lanish energiya qiymatlarini ilovadagi odan olib. etilenning hosil bo'lish issiqligini hisoblang va olingan natijani nazariy berilgan  $-52,25 \text{ kJ/mol}$  qiymati bilan taqqoslang.

**Yechish:** *odan olingan qiymatlar quyidagicha:*

$$H-H = 430 \text{ kJ/mol}; C = C = 425 \text{ kJ mol};$$

$$C-H = 358,2 \text{ kJ/mol}; C_{gaz} - C_{graf} = 525 \text{ kJ mol}$$

$$\Delta H_{r-ya} = (C = C + 4C-H) - (2H-H + 2C_{graf}) =$$

$$= (425 - 4 \cdot 358,2) - (2 \cdot 430 + 2 \cdot 525) = -52,2 \text{ kJ/mol}$$

*Demak, Gess qonuni bo'yicha atomlarni bog'lanish energiyasi asosida hisoblangan moddalarning hosil bo'lish issiqligi standart sharoitda berilgan moddalarning hosil bo'lish issiqligiga teng, ya'ni  $-52,28_{naz} = -52,2_{amol}$ .*

### Masalalar

136.  $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$  reaksiya uchun 773 K dagi  $Q_P$  va  $Q_V$  lar orasidagi ayirmani aniqlang.

137.  $2C_2H_2(g) + C_3H_4(g) \rightleftharpoons C_6H_6 - CH_3(s)$  reaksiyaning 773 K dagi  $Q_P$  va  $Q_V$  lar orasidagi ayirmani aniqlang.

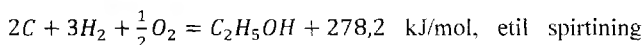
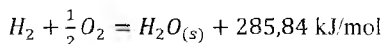
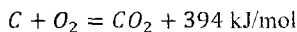


138. O'zgarmas bosim va 298 K da,  $\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \xrightarrow{P, t, Ni} NH_3$  reaksiyaning issiqlik samarasi  $Q_P = 46,26$  kJ/mol bo'lsa, shu sharoitdagi  $Q_V$  issiqlik samarasi qanday bo'ladi?

139.  $2Fe + \frac{3}{2}O_2 = Fe_2O_3$  reaksiyaning 291 K dagi issiqlik samarasi  $Q_P = 823,3$  kJ/mol bo'lsa, shu reaksiya uchun  $Q_V$  qanday bo'ladi?

140. 291 K va o'zgarmas hajmda naftalin ( $C_{10}H_8$ ) yondirilganida  $CO_2$  va  $H_2O_{(s)}$  larga aylanish issiqligi 5162 kJ/mol. Shu harorat va o'zgarmas bosimda naftalinning hosil bo'lish issiqligini aniqlang.

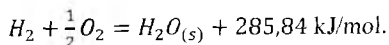
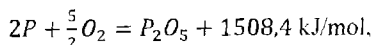
141. Quyida keltirilgan reaksiyalarning ma'lumotlaridan foydalanib:



yonish issiqlik samarasini aniqlang.

142.  $6C + 3H_2 = C_6H_6 + \Delta H$ , shu reaksiya asosida, moddalarning yonish issiqligi qiymatlaridan foydalanib,  $\Delta H_{H_2}^0 = -285,84$ ;  $\Delta H_{C_6H_6}^0 = 3282,4$ ;  $\Delta H_C^0 = 394$  kJ/mol, benzolning hosil bo'lish issiqligini hisoblang.

143.  $2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O_{(s)} + \Delta H$ ; shu reaksiyaning issiqlik samarasini quyidagi reaksiyalarning issiqlik samalaridan foydalanib aniqlang:  $2P + 3H_2 = 2PH_3 - 24,35$  kJ/mol,



144. Quyida berilgan reaksiyalarning:  $S + O_2 = SO_2 + 297,5$  kJ/mol;  $CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2 + 1109,0$  kJ/mol;  $C + O_2 = CO_2 + 394$  kJ/mol issiqlik samalari qiymatidan foydalanib,  $CS_2$  ning hosil bo'lish issiqligini aniqlang.

145.  $Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2 + \Delta H$  shu reaksiyaning issiqlik samarasini quyida berilgan moddalarning hosil bo'lish issiqligi asosida hisoblang:  $\Delta H_{FeO}^0 = 263.7$  kJ/mol;  $\Delta H_{Fe_3O_4}^0 = 1117.7$  kJ/mol;  $\Delta H_{CO}^0 = -110,5$  kJ/mol;  $\Delta H_{CO_2}^0 = 394$  kJ/mol.

146. Quyida berilgan reaksiya ma'lumotlaridan foydalanib:  $2P + \frac{5}{2}O_2 = P_2O_5 + 1508,4$  kJ/mol;  $H_2 + \frac{1}{2}O_2 = H_2O_{(s)} + 285,84$  kJ/mol;  $2P + H_2 + 3O_2 = 2HPO_3 + 1912,3$  kJ/mol.  $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 + \Delta H$ , shu tenglama asosida 50 kg  $P_2O_5$  suv bilan reaksiyaga kirishganda ajralib chiqqan issiqlik miqdorini aniqlang.

147. 10-jadvaldan berilgan  $H_{298}^0$  qiymatlaridan foydalanib.  $NH_3 + HCl = NH_4Cl + +\Delta H^0$  reaksiyaning issiqlik samarasini aniqlang.

148. Suvsiz  $CuSO_4$  ning kristallgidratga aylanish issiqligi 78,5 kJ/mol, 293 K da mis sulfat kristallgidratining integral erish issiqligi  $-11,94$  kJ/mol bo'lsa, shu haroratda suvsiz  $CuSO_4$  tuzining integral erish issiqligi qanday bo'ladi?

149. 5 g KCl tuzi 95 g suvda eritilganda harorat  $1,75^\circ C$  ga pasayadi. Eritmaning solishtirma issiqligi  $4,068$  J/g·K, asbob doimiyligi  $122,7$  J/K bo'lsa, KCl tuzining integral erish issiqligi qanday bo'ladi?

150. 4,9 g  $H_2SO_4$  25 g suvda eritilganida qancha issiqlik ajraladi?

151. 6,3 g  $HNO_3$  300 g suvda eritilganida qancha issiqlik ajraladi?

152. 50 l suvda 20% li 17 g  $HCl$  eritilganida erish issiqligi qancha bo'ladi?

153. Ilvodagi Oda berilgan atomlararo bog'lanish energiyasi qiymatidan foydalanib, atsetilen va suvdan sirka aldegid hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik samarasini hisoblang.

154. Ilvodagi Oda berilgan atomlararo bog'lanish energiya qiymatidan foydalanib, quyidagi reaksiya bo'yicha:  $4C_{graf} + 5H_2 = C_4H_{10} + \Delta H$ , n-butanning hosil bo'lish issiqligi qiymatini aniqlang.

155. Kimyoviy bog'larning uzulish energiya qiymatlaridan foydalanib, 298 K da 1 mol  $C_2H_5OH$  ning dehidrogenlanishi natijasida atsetaldegid hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik samarasini aniqlang. Bunda etil spirtning bog'lanish

issiqligi 38,61 kJ/mol ekanligini hisobga olib, olingan natijani issiqlik qiymatlaridan keltirib chiqarilgan natija bilan solishtiring. Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning yonish va bog'lanish energiyalari qiymatini ilovadagi 7-va 0lardan oling.

156.Ilovadagi Oda berilgan atomlararo kimyoviy bog'larni uzulish energiya qiymatlaridan foydalanib, 298 K da dolchin kislotadan stirol sintezi reaksiyasining issiqlik samarasini hisoblang.

157.Ilovadagi O'dagi atomlararo bog'larni uzulish energiya qiymatlaridan foydalanib, etil spirtining degidratatsiyalanishi natijasida etilen va suv hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik samarasini aniqlang.

158.D.P.Konovalov formulasi yordamida propilenning yonish issiqligini aniqlab, olingan natijani  $Q_{298K} = 2058.53$  kJ/mol qiymat bilan taqqoslang.

159.D.P.Konovalov formulasi yordamida etil spirtining yonish issiqligini hisoblab, olingan natijani  $Q_{298K} = 1366,91$  kJ/mol bilan taqqoslang.

160.D.P.Konovalov formulasi bo'yicha metilatsetilen ( $CH_3-C \equiv CH$ ) ning yonish issiqligi  $Q_V$  va o'zgarmas bosimdagi yonish issiqligini hisoblab, jadvalda berilgan  $Q_P = 1946$  kJ/mol bilan solishtiring.

## **6. Kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasini haroratga bog'liqligi. Kirxgof qonuni**

Ma'lumki, jadvallarda moddalarning hosil bo'lish issiqlik qiymatlari doimiy standart sharoit ( $25^\circ\text{C}$  yoki 298 K va 101325 Pa) da beriladi. *Reaksiyaning standart issiqligi* deb, 298 K va 101325 Pa bosimda moddalar o'zaro ta'sirlashib, mahsulot hosil bo'lishida ajralib chiqadigan yoki yutiladigan issiqlik miqdoriga aytiladi. Qo'pgina kimyoviy jarayonlar standart sharoit haroratidan boshqa haroratda ham sodir bo'lishi mumkin.

Texnologik jarayon borayotgan reaksiyaning issiqlik samarasini hisoblashda, ayni jarayon sodir bo'layotgan harorat hisobga olinadi. Hisoblash Kirxgof qonuni asosida olib boriladi. Bu qonunga muvofiq reaksiyaning issiqlik samarasi,

dastlabki va oxirgi moddalarning issiqlik sig'imi orasidagi ayirmaga teng:

$$\frac{dQ_V}{dT} = C_{V_1} - C_{V_2}, \quad (\text{II.38})$$

$$\frac{dQ_P}{dT} = C_{P_1} - C_{P_2}, \quad (\text{II.39})$$

Reaksiyaning issiqlik samarasini aniqlash uchun (II.38) va (II.39) tenglamalar 298 K va berilgan harorat bo'yicha integrallanadi. Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi darajali tenglama bilan ifodalaniladi:

$$C_x = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + \dots \quad (\text{II.40})$$

bunda:  $a_0, a_1, a_2$  – moddalarning issiqlik sig'imi.

(II.38) va (II.39) larni integrallash natijasida reaksiyaning issiqlik samarasini aniqlash uchun quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$Q_{T_2} = Q_{298} - \Delta a_0 (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \Delta a_1 (T_2^2 - T_1^2) + \frac{1}{3} \Delta a_2 (T_2^3 - T_1^3) \quad (\text{II.41})$$

bunda:  $\Delta a_0, \Delta a_1, \Delta a_2$  lar reaksiyada ishtirok etayotgan har bir moddaning reaksiyadan oldingi va keyingi issiqlik sig'imi qiymatlarini ayirmasi;

$Q_{298} - 25^\circ\text{C}$  dagi reaksiyaning issiqlik samarasini.

Katta masshtabdagi jarayonlarning issiqlik samarasini hisoblash uchun reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning standart sharoitda o'lchangan (maxsus jadvallarda beriladi) entalpiya qiymatlaridan foydalaniladi.

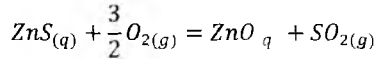
$25^\circ\text{C}$  va 101325 Pa bosimda sistemaning holati 0 deb olinsa, berilgan haroratda  $\Delta H_{r-siya}^0$  sistemada hosil bo'layotgan mahsulot va reaksiyaga kirishayotgan moddalar entalpiyalarining yig'indisini ayirmasiga teng bo'ladi:

$$\Delta H_{r-siya}^0 = \Delta H_{max}^0 - \Delta H_{dast.modda}^0 \quad (\text{II.42})$$

Agar masalaning shartida moddalarning issiqlik sig'imi  $\text{J/g}\cdot\text{K}$  da berilgan bo'lsa, moddaning ko'rsatilgan issiqlik sig'imini uning molekulyar massasiga ko'paytirilsa, issiqlik sig'imi  $\text{J/mol}\cdot\text{K}$  bo'ladi.

Masalan:  $C_p^{Al} = 0,745 + 44,08 \cdot 10^{-5}T$  (J/g·K). Buni J/mol·K ga aylantiriladi. Al atom massasi 27 bo'lsa,  $C_p^{Al} = 27 \cdot 0,745 + 27 \cdot 44,08 \cdot 10^{-5}T$  (J/mol·K) bo'ladi.

Gaz holatidagi moddalarning issiqlik sig'imini hisoblashda modda oldidagi koeffitsiyentni inobatga olinadi:



$$C_p^{O_2} = 31,5 \cdot 10^3 + 3,39T - 3,77 \cdot 10^8 T^{-2} = \frac{3}{2} 31,5 \cdot 10^3 + \frac{3}{2} 3,39T - \frac{3}{2} 3,77 \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol}\cdot\text{K ko'rinishda hisoblanadi.}$$

**1- misol.** Gematit ( $Fe_2O_3$ )ning haqiqiy mol issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi  $C_h = 103,58 + 67,21 \cdot 10^{-3}T - 17,74 \cdot 10^5 T^{-2}$  J/mol·K bo'lsa, 1 kg gematitni 289 K da 1811 K ga qizdirish uchun qancha issiqlik kerak bo'ladi?

**Ma'lum:**  $M_{Fe_2O_3} = 160$

**Berilgan:**  $m_{Fe_2O_3} = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$   $n = \frac{1000}{160} = 6,25 \text{ mol}$

$$T_1 = 298 \text{ K}; T_2 = 1811 \text{ K};$$

$$C_p = 103,58 + 67,21 \cdot 10^{-3}T - 17,74 \cdot 10^5 T^{-2}$$

**Noma'lum:**  $\Delta H_2 = Q_2 = ?$

**Yechish:** 1)  $C_p = 103,58 + 67,21 \cdot 10^{-3}T - 17,74 \cdot 10^5 T^{-2}$  dan

$$\Delta a_0 = 103,58 \text{ J/mol}\cdot\text{K},$$

$$\Delta a_1 = 67,12 \cdot 10^{-3}T \text{ J/mol}\cdot\text{K},$$

$$\Delta a_2 = -17,74 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

bu qiymatlarni quyidagi formulaga qo'yib, reaksiyani issiqlik samarasi aniqlanadi:

$$2) Q = n \int_{T_1}^{T_2} (\Delta a_0 + \Delta a_1 t + \Delta a_2 \frac{1}{T}); Q = C_p \text{ bo'lgani uchun}$$

$$C_p = 6,25 \cdot 10^3 + 58,1811 \cdot 10^{-3} T - 289 \cdot 10^{-5} T^2 + \frac{67,21 \cdot 10^{-3}}{2} T^{-2}$$

$$289^2 - -17,74 \cdot 10^5 \left( \frac{1}{1811} - \frac{1}{289} \right) = 6,25 \cdot 157648,76 +$$

$$107408,3 + 5158,54 = 6,25 \cdot 2702156 = 1688847,5 \text{ j} =$$

$$1688,85 \text{ kJ.}$$

**2- misol** 1173 K da  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$  va  $\text{CO}_2$  ga parchalanadi. Parchalanish issiqligi  $-178,3 \text{ kJ/mol}$  bo'lib, ularning issiqlik sig'imi quyidagicha:

$$c_p^{\text{CaCO}_3} = 82,47 + 49,82 \cdot 10^{-3} \cdot T - 12,89 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 \text{ J/mol}\cdot\text{K};$$

$$c_p^{\text{CaO}} = 47,62 + 3,214 \cdot 10^{-3} \cdot T - 6,896 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 \text{ J/mol}\cdot\text{K};$$

$$c_p^{\text{CO}_2} = 11,2 + 10,98 \cdot 10^{-3} \cdot T - 4,898 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 \text{ J/mol}\cdot\text{K}.$$

$\text{CaCO}_3$  ning parchalanish issiqligini haroratga qanday bog'liqligini va  $1000^\circ\text{C}$  uchun issiqlik samarasini aniqlang.

**Berilgan:**  $T_1 = 1173 \text{ K}; T_2 = 1000 + 273 = 1273 \text{ K}; Q_{298} = -178,3 \text{ kJ/mol}.$

**Noma'lum:**  $Q_T = ?$

**Yechish:**

$$1) \Delta a_0 = -82,47 + 47,62 + 11,2 = -23,65 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta a_1 = -49,82 \cdot 10^{-3} + 3,214 \cdot 10^{-3} + 10,98 \cdot 10^{-3} =$$

$$= -35,626 \cdot 10^{-3} \text{ J/mol}\cdot\text{K};$$

$$\Delta a_2 = 12,89 \cdot 10^{-5} - 6,896 \cdot 10^{-5} - 4,989 \cdot 10^{-5} =$$

$$= 1,005 \cdot 10^{-5} \text{ J/mol}\cdot\text{K};$$

$$2) Q_T = Q_{298} - [\Delta a_0 (T - 298) + \frac{1}{2} \Delta a_1 (T^2 - 298^2) + \frac{1}{3} \Delta a_2 (T^3 - 298^3)]$$

shu formuladan  $1273 \text{ K}$  dagi reaksiyaning issiqlik samarasi hisoblanadi:

$$\begin{aligned}
 Q_T &= -178300 + -23,65 \cdot 1273 - 298 - \frac{1}{2} \cdot 35,626 \cdot \\
 &10^{-3} \cdot 1273^2 - 298^2 + \frac{1}{3} \cdot 1,005 \cdot 10^{-5} \cdot 1273^3 - 298^3 = \\
 &-178300 - 23058,8 - 27284,62 + 6822,2 = -221821 \text{ J} \\
 &= -221,82 \text{ kJ}.
 \end{aligned}$$

**3 – misol.**  $CO + 2H_2 = CH_3OH$ , shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning chin issiqlik sig'implarining haroratga bog'liqligi tubandagi formulalar bilan ifodalangan bo'lsa:

$$c_p^{CO} = 26,2 + 0,00875T - 1,92 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/mol};$$

$$c_p^{H_2} = 28,8 + 0,000276T - 1,17 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/mol};$$

$$c_p^{CH_3OH} = 20,45 + 0,1087T - 0,0247 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/mol}.$$

Metil spirti va is gazining hosil bo'lish issiqliklari  $-201,2$  va  $-110,5$  kJ/mol ekanligidan foydalanib, shu reaksiyaning 573 K dagi issiqlik samarasini aniqlang.

**Berilgan:**  $\Delta H_{CH_3OH}^0 = -201,2 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{CO}^0 = -110,5 \text{ kJ/mol};$   
 $T = 573 \text{ K}.$

**Noma'lum:**  $Q_{298} = ?; \Delta H = ?; \Delta H_{r-y\alpha}^0 = ?; \Delta \alpha_0 = ?; \Delta \alpha_0 = ?; \Delta \alpha_0 = ?; Q_T = ?$

**Yechish:** 1) *Reaksiyaning issiqlik samarasi  $\Delta H$  hisoblanadi:*

$$\begin{aligned}
 Q_{298} &= \Delta H_{r-y\alpha} = \Delta H_{CH_3OH}^0 - \Delta H_{CO}^0 = -201,1 + 110,5 = \\
 &-90,6 \text{ kJ},
 \end{aligned}$$

$$2) \Delta \alpha_0 = 20,45 - 26,2 - 2 \cdot 28,8 = -63,35 \text{ J},$$

$$\Delta \alpha_1 = 0,1087 - 0,00875 - 2 \cdot 0,000276 = 0,1087 - 0,009302 = 0,0994 \text{ J},$$

$$\Delta \alpha_2 = -0,0247 \cdot 10^{-6} + 1,92 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 1,17 \cdot 10^{-6} = 4,24 \cdot 10^{-6} \text{ J},$$

3) (40.11) dan 573 K uchun reaksiyaning issiqlik samarasi hisoblanadi:

$$Q_T = Q_{298} - \Delta a_0 T - 298 + \frac{1}{2} \Delta a_1 T^2 - 298^2 + \frac{1}{3} \Delta a_2 T^3 - 298^3$$

$$Q_T = -90600 + [-63,35 \cdot 573 - 298 + \frac{1}{2} \cdot 0,0994 \cdot 573^2 - 298^2 + \frac{1}{3} \cdot 4,24 \cdot 10^{-6} \cdot 573^3 - 298^3] = -95888 \text{ J yoki } -95,89 \text{ kJ.}$$

### Masalalar

161. Haqiqiy issiqlik sig'implari quyidagicha:  $C_h^{Cl_2} = 23,90 + 0,002095T$  J/mol·K;  $C_h^{H_2} = 18,86 + 0,002933T$  J/mol·K;  $C_h^{HCl} = 20,53 + 0,003771T$  J/mol·K; bo'lgan  $\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Cl_2 = HCl$  reaksiyaning issiqlik samarasi 92,55 kJ/mol bo'lsa, shu reaksiyaning o'zgarmas bosim va 1000 K dagi issiqlik samarasi qanday bo'ladi?

162. Issiqlik sig'implarining haroratga bog'liqligi quyidagicha:  $C_p^{H_2} = 28,8 + 0,276 \cdot 10^{-3}T + 1,17 \cdot 10^{-6}T^2$  J/mol·K;  $C_p^{O_2} = 28,3 + 0,00254 \cdot 10^{-4}T + 0,546 \cdot 10^{-6}T^2$  J/mol·K;  $C_p^{H_2O} = 33,56 + 0,01375T - 1,435 \cdot 10^{-6}T^2$  J/mol·K bo'lgan suvni hosil bo'lish reaksiyasining o'zgarmas bosim va 298 K dagi issiqlik samarasi 241,84 kJ/mol bo'lsa, shu ma'lumotlar asosida reaksiyaning 1000 K dagi issiqlik samarasini hisoblang.

163. Haqiqiy issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi quyidagicha berilgan:  $C_h^{C_2H_5OH} = 9,05 + 0,208T - 0,0651 \cdot 10^{-3}T^2$  J/mol·K;  $C_h^{C_2H_4} = 27,9 + 0,067T$  J/mol·K;  $C_h^{H_2O} = 28,8 + 0,01375T - 1,435 \cdot 10^{-6}T^2$  J/mol·K bo'lsa,  $C_2H_5OH_{(g)} \rightleftharpoons C_2H_4 + H_2O_{(g)}$ , shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning hosil bo'lish issiqligi standart sharoitda tubandagicha berilgan:  $\Delta H_{C_2H_5OH}^0 = -235,31$  kJ/mol;  $\Delta H_{C_2H_4}^0 = 52,28$  kJ/mol;  $\Delta H_{H_2O}^0 = -241,84$  kJ/mol asosida reaksiyaning 400 K dagi issiqlik samarasining haroratga bog'liqligini aniqlang.



164.  $CH_3-CHO_{(g)} + H_2 \rightleftharpoons CH_3-CH_2-OH_{(g)}$  reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning standart sharoitda berilgan hosil bo'lish issiqlik qiymatlari quyidagicha berilgan:  $\Delta H_{CH_3CHO}^0 = -166.4$  kJ/mol;  $\Delta H_{C_2H_5OH}^0 = -235,31$  kJ/mol. Shu reaksiyaning chin mol issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi quyidagicha berilgan:  $C_h^{CH_3CHO} = 19 + 0,1395T + 0,0389 \cdot 10^{-3}T^2$  J/mol·K  $C_h^{H_2} = 28,8 + 0,000276T + 1,17 \cdot 10^{-3}T^2$  J/mol·K;  $C_h^{C_2H_5OH} = 9,05 + 0,208T - 0,0621 \cdot 10^{-3}T^2$  J/mol·K formulalarda ifodalanadi.

Shu reaksiyaning  $Q_p$  va 600 K dagi issiqlik samarasini berilgan issiqlik sig'implari asosida aniqlang.

165. Standart sharoitda grafitdan olmos hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik samarasi 1,8975 kJ/mol; grafit bilan olmosning issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi quyidagi tenglamalar bilan ifodalansa:  $C_p^{grafit} = 934 + 1,487T - 40,75 \cdot 10^6 \cdot T^{-2}$  J/kg·K;  $C_p^{olmos} = 737 + 0,913T - 45,74 \cdot 10^6 \cdot T^{-2}$  J/kg·K  $C_{graf} \rightarrow C_{olmos}$ , shu reaksiyaning issiqlik samarasini haroratga bog'liqlik qiymati qanday bo'ladi?

166. Rombik oltingugurtni monoklinik oltingugurtga aylanish standart issiqligi 0,297 kJ/mol; issiqlik sig'iminining teperaturaga bog'liqligi esa quyidagi formulalar bilan ifodalandi:  $C_p^{romb,S} = 469 + 0,817T$  J/kg·K;  $C_p^{monok,S} = 465 + 0,91T$  J/kg·K. Allotropik shakl o'zgarish reaksiyasining 450 K dagi issiqlik samarasini aniqlang.

167.  $ZnS_{(q)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} = ZnO_{(q)} + SO_{2(g)}$ , shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi:  $C_p^{ZnS} = 54 \cdot 10^3 + 4,96T - 8,12 \cdot 10^8 T^{-2}$  J/kmol·K;  $C_p^{ZnO} = 47,6 \cdot 10^3 + 4,8T - 8,25 \cdot 10^8 T^{-2}$  J/kmol·K;  $C_p^{O_2} = 31,5 \cdot 10^3 + 3,37T - 3,77 \cdot 10^8 T^{-2}$  J/kmol·K;  $C_p^{SO_2} = 71,5 \cdot 10^3 + 10,73T - 12,72 \cdot 10^8 T^{-2}$  J/kmol·K; standart sharoitda moddalarning hosil bo'lish issiqliklari:  $\Delta H_{ZnS}^0 = -203 \cdot 10^6$  kJ/mol;  $\Delta H_{ZnO}^0 = -348 \cdot 10^6$  kJ/mol;  $\Delta H_{SO_2}^0 = -297 \cdot 10^6$  kJ/mol ekanligidan foydalanib, reaksiyani 1173 K dagi issiqlik samarasi aniqlansin.

168.  $Fe_2O_{3(q)} + 2Al_{(q)} = Al_2O_{3(q)} + 2Fe_{(q)}$  reaksiyaning standart issiqlik samarasi  $-1698 \cdot 10^6$  J/mol. moddalarning issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi:  $C_p^{Al} = 0,745 + 44,98 \cdot 10^{-5}T$  J/g·K;  $C_p^{Al_2O_3} = 1,082 + 17,4 \cdot 10^{-5}T - 30,4 \cdot 10^{-6}T^{-2}$  J/g·K;

$C_p^{Fe} = 0,31 + 48 \cdot 10^{-5} T$  J/g·K;  $C_p^{Fe_2O_3} = 0,647 + 42,1 \cdot 10^{-5} T - 11,1 \cdot 10^{-3} T^2$  J/g·K  
 ekanligidan foydalanib, reaksiyaning 923 K dagi issiqlik samarasini aniqlang.

169.  $CH_3OH_{(g)} + \frac{3}{2} O_2 = CO_2 + H_2O_{(g)}$ ;  $\Delta H^0 = -275,9$  J/mol. Shu reaksiya o'zgarish bosim va 298 K da boradi. Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi quyidagi formula bilan (J/mol·K)

ifodalanadi:  $C_p^{CO_2} = 10,55 + 2,16 \cdot 10^{-3} T - 2,04 \cdot 10^{-5} T^2$ ;  $C_p^{H_2O} = 7,2 + 270 \cdot 10^{-3} T$ ;  
 $C_p^{CH_3OH} = 4,88 + 24,78 \cdot 10^{-3} T - 5,889 \cdot 10^{-5} T^2$ ;  $C_p^{O_2} = 7,52 + 0,81 \cdot 10^{-3} T - 0,90 \cdot 10^{-5} T^2$ .

Reaksiyaning 500 K dagi issiqlik samarasini aniqlang.

170. Kvarsning issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi  $C_p = 46,96 \cdot 10^3 + 34,33 T$  J/kmol·K dan foydalanib, 2 kg  $SiO_2$  ni 298 K dan 800 K gacha qizdirilganda entalpiya qiymatining o'zgarishini aniqlang.

## 7. Termodinamikani II qonuni. Entropiya

Bu qonun berilgan haroratda kimyoviy (termodinamik) jarayonlarning yo'nalishi, ularni qanday darajada kyechishi, entropiyaning o'zgarishi va barcha energiya turlaridan qanchasi foydali ishga aylanishi mumkin, degan savollarga javob beradi.

Termodinamikada har qanday issiqlik mashinasi faqat harorat farqi bo'lgandagina ish bajara olishi amalda isbotlangan, ya'ni mashina isitgich ( $T_1$ ) dan sovutgich ( $T_2$ ) ga issiqlik o'tgandagi harorat farqi hisobiga ish bajaradi. Isitgichdan jismni olgan issiqlik miqdorini  $Q_1$ , sovuq jismga o'tgan issiqlik miqdorini  $Q_2$  bilan belgilansa, bajarilgan ishning qiymati:  $A = Q_1 - Q_2$ , bo'ladi.

Ish qiymatini, jism issiqlikdan olgan issiqlik miqdoriga nisbati, ayni mashinaning foydali ish koeffitsiyenti deyiladi va  $\eta$  – harfi bilan ifodalaniladi:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \quad (11.43)$$

Termodinamik sikl asosida ishlaydigan ideal mashinaning foydali ish koeffitsiyentini fransuz fabrikanti S.Karno keltirib chiqargan:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \text{ yoki } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} . \quad (\text{II.44})$$

Mashinaning foydali (termik) ish koeffitsiyenti mashina ichida mavjud bo'lgan jismi turiga va tabiatiga emas, balki isitgich harorati ( $T_1$ ) bilan sovutgich harorati ( $T_2$ ) orasidagi ayirmaga bog'liq. (II.43 va II.44) formulalar yordamida mashinaning foydali (termik) ish koeffitsiyenti, mashinaga berilgan yoki undan chiqarilgan issiqlik miqdori hamda bajarilgan ish qiymatini hisoblash mumkin. Termodinamikaning II qonuniga muvofiq sistemaning ichki energiyasi ikki qiymat yig'indisiga teng bo'ladi:  $U = F + S \cdot T$  bundan

$$F = U - T \cdot S , \quad (\text{II.45})$$

bunda:  $F$  – sistemaning ( $V=const$ ) erkin energiyasi, ya'ni ichki energiyaning bir qismi bo'lib, o'zgarmas haroratda ishga aylanadi;

$T \cdot S$  – bog'langan energiya, bu ham ichki energiyaning bir qismi, lekin u ishga aylanmaydi;

$S$  – sistema holatiga bog'liq termodinamik funksiya, ya'ni sistemaning betartib holatini belgilovchi kattalik bo'lib, u entropiya deb ataladi.

Entropiyani ortishi sistemaning ish bajarish imkoniyatini pasaytiradi, chunki sistemada molekullar betartib holatga o'tganida ularning o'zaro ta'sirlashuvi kamayib, reaksiya sekinlashadi va etarli darajada mahsulot hosil bo'lmaydi.

Entropiya qiymati  $dS = \frac{dQ}{T}$  bilan belgilanadi, bunda  $dQ$  – qaytar jarayonda yutilgan issiqlikning eng kichik miqdori.

Adiabatik jarayonlarda issiqlik almashinmaydi, shuning uchun  $dS = \frac{dQ}{T} = 0$  yoki  $S=const$  bo'ladi.

Sistemaning ichki energiya va entalpiyalarning absolyut qiymatini aniqlab bo'lmagandek, entropiyaning ham absolyut qiymatini aniqlab bo'lmaydi, faqat uning o'zgarish qiymatini, ya'ni  $\Delta S = S_2 - S_1$  ni aniqlash mumkin.

1 mol ideal gaz  $T=const$  bo'lganida, bir holatdan ikkinchi holatga o'tganida entropiyaning o'zgarishi quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$S_2 - S_1 = R \ln \frac{V_2}{V_1} + c_V \ln \frac{T_2}{T_1}, \quad (\text{II.46})$$

yoki

$$S_2 - S_1 = R \ln \frac{p_1}{p_2} + c_P \ln \frac{T_2}{T_1}, \quad (\text{II.47})$$

bunda  $c_V$  – moddaning o'zgarimas hajmdagi issiqlik sig'imi;

$c_P$  – moddaning o'zgarimas bosimdagi issiqlik sig'imi.

Moddalarning agregat holatlari o'zgariganida, ya'ni modda bir ko'rinishdan ikkinchi ko'rinishga o'tganida entropiyani o'zgarishi, faza o'zgarishidagi issiqlik qiymati bilan aniqlanadi:

$$S_2 - S_1 = \frac{L}{T}, \quad (\text{II.48})$$

bunda:  $L$  – fazalararo o'tish (bug'lanish, suyuqlanish, sublimatlanish, kristallanish) issiqligi;

$T$  – faza o'zgarishidagi harorat. Entropiyaning o'lchov birligi J/mol·K bilan ifodalaniadi.

Moddalarning entropiya qiymati ham standart sharoitda (25°C yoki 298 K va 101325 Pa bosimda) aniqlangan bo'lib, maxsus jadvallarda (°C) holida keltirilgan.

**1- misol.** Karno ideal mashinasining foydali ish koeffitsiyenti 140 va 105°C oralig'ida qanday qiymatga ega bo'ladi?

**Berilgan:**  $T_1=140^\circ\text{C}; T_1=140+273=413 \text{ K}; T_2=105^\circ\text{C}; T_2=105+273=378 \text{ K}.$

**Noma'lum:**  $\eta=?$

**Yechish:** (II.44) dan  $\eta$  aniqlanadi:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{413 - 378}{413} = 0,085.$$

**2- misol.** 200 va 300 K orasida Karno ideal mashinasi 83,68 kJ issiqlikni ishga aylantiradi. 200 K da rezervuarga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

**Berilgan:**  $T_1=300 \text{ K}; T_2=200 \text{ K}; A = 83,68 \text{ kJ}.$

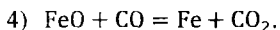
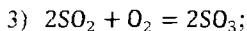
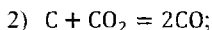
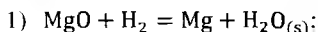
**Noma'lum:**  $Q_1=?$

**Yechish:** 1)  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$  dan foydali ish ko'effitsiyenti hisoblanadi:

$$\eta = \frac{300 - 200}{300} = \frac{100}{300} = 0,333,$$

$$2) \eta = \frac{A}{Q_1} \text{ dan } Q_1 = \frac{A}{\eta} = \frac{83,68}{0,333} = 251,3 \text{ kJ.}$$

**3- misol.** 25°C quyidagi reaksiyalar uchun standart entropiyalarning o'zgarish qiymatlarini aniqlang.



Shu reaksiyalarda ishtirok etayotgan moddalarning standart sharoitdagi entropiya qiymatlari ilovadagi odan olinadi.

**Berilgan:**  $t=25^\circ\text{C}; T=25+273=298 \text{ K.}$

**Noma'lum:**  $\Delta S=?$

**Yechish:** Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning entropiya qiymatlari ( $J/\text{mol}\cdot\text{K}$ ):

$$S_{\text{MgO}_{(R)}}^0 = 26,94; S_{\text{CO}}^0 = 197,4; S_{\text{Fe}}^0 = 27,15; S_{\text{Mg}_{(R)}}^0 = 32,55;$$

$$S_{\text{SO}_3}^0 = 256,23; S_{\text{CO}_2}^0 = 213,6; S_{\text{H}_2\text{O}_{(C)}}^0 = 69,96; S_{\text{FeO}_{(R)}}^0 = 58,79;$$

$$S_{\text{H}_2}^0 = 130,6; S_{\text{SO}_2}^0 = 248,1; S_{\text{O}_2}^0 = 205,03.$$

$$1) \Delta S = S_{\text{H}_2\text{O}_{(C)}}^0 + S_{\text{Mg}_{(R)}}^0 - S_{\text{H}_2}^0 + S_{\text{MgO}_{(R)}}^0 = (69,96 + 32,55) - (130,6 + 26,94) = -55,03 \text{ J/mol}\cdot\text{K.}$$

$$2) \Delta S = 2S_{\text{CO}}^0 - S_{\text{CO}_2}^0 = 2 \cdot 197,4 - 213,6 = 181,2 \text{ J/mol}\cdot\text{K.}$$

$$3) \Delta S = 2S_{SO_3}^0 - 2S_{SO_2}^0 - S_{O_2}^0 = 2 \cdot 256,23 - (2 \cdot 248,1 + 205,05) = 512,46 - 701,25 = -188,79 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

$$4) \Delta S = S_{Fe}^0 + S_{CO_2}^0 - S_{FeO(g)}^0 + S_{CO}^0 = (27,15 + 213,6) - (58,79 + 197,4) = 240,75 - 256,19 = -15,44 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

### Masalalar

171. Karnoning ideal mashinasi 423 K va 523 K haroratlar intervalida 183,8 kJ issiqlikni ishga aylantiradi. 423 K da mashina isitgichi sovutgichiga qancha issiqlik beradi?

172. Karno mashinasi isitgichidan 281 K da 419 kJ issiqlik, harorati 353 K bo'lgan sovutgichga berilgan. SHu jarayon vaqtida qancha ish bajariladi?

173. Karno siklidagi 1 kg havo 800 K da 50,28 kJ issiqlikka ega bo'lsa, mashinaning issiqlik qabul qiluvchi qismi 273 K da qancha issiqlik oladi va uning foydali ish koeffitsiyenti qanchaga teng bo'ladi?

174. Issiqlik sig'imi 1000 J/K bo'lgan ikkita bir xil metall parchasi bir-biriga ulanib sistema hosil qilinganida, dastlab metallarning haroratlari bir xil bo'lgan, kontaktdan so'ng esa sistemaning harorati 425 K bo'lib qoladi. Shu sistema qaytadan nokontakt holatiga keltirilsa, harorat 400 K bo'lib qoladi. Sistema kontakt holatidan nokontakt holatiga keltirilganida qancha ish bajaradi?

175. Suyuqlanish haroratida solishtirma suyuqlanish issiqligi 335 J/g bo'lgan 5 g suv va harorati 348 K bo'lgan 20 g suvdan sistema tuzilgan. Muz to'liq eriguncha issiqlik suvdan muzga o'tadi.

Suvning issiqlik sig'imini 4,187 J/g·K teng deb olinsa, harorat qanchaga pasayadi va sistema kancha ish bajaradi?

176. Kumush va grafitlarning o'rtacha issiqlik sig'imi 26 va 13 J/mol·K: 2,5 mol kumush 550 K va 3,5 mol grafit 850 K gacha qizdirilgan. Agar jarayon orqaga qaytarilsa, issiqlik almashinishi natijasida elementlarning harorati necha gradusga o'zgaradi va qancha ish bajariladi?

177.–15°C gacha sovutilgan suv o'zining to'yingan bug' bosimi bilan muvozanatda bo'lganida bosim 1,429 mm sim.ustuniga teng bo'ladi. Shu haroratda muz bilan muvozanatda turgan suv bug'ining bosimi esa 1.238 mm sim.ustuniga teng. Suv va muzning issiqlik sig'implari 4,187 va 1,88 J/g·K, 0°C da muzning suyuqlanish issiqligi 335 J/g·K bo'lsa, sovutilgan suvning 258 K da kristallanish vaqtidagi entropiyani o'zgarish qiymati qanday bo'ladi?

178.Quyida berilgan jarayonlarning qaysi birida entropiya ortadi va qaysi birida kamayadi: a) suyuqlik bug'lanadi; b) muz eriydi; d) suyuqlikdatur eritilganida harorat pasayadi; e) suyuqlikda tuz eritilganida harorat ortadi; f) moddalar kristallanadi; g) har xil konsentratsiyali eritmalar aralashtiriladi; h) oltingugurt kristallari sublimatlanadi; j) suyuqlik kodensatlanadi?

179.Havo o'rnida ishlatiladigan gazlar aralashmasida hajm jihatdan (%): 20,95 O<sub>2</sub> va 79,05 N<sub>2</sub> bo'ladi. Shu gazlar aralashmasining 1 m<sup>3</sup> hajmidan normal sharoitda toza holdagi O<sub>2</sub> va azotni ajratib olish jarayonida entropiya qanday o'zgaradi?

180.Har qanday rezina buyum tez cho'zilganida qiziydi, qo'yib yuborilganida sovuydi. Sababini tushuntirib bering.

181.Uchta bir xil metallni 473 K da, uchta bir xilini esa 290 K da qizdirib, so'ng qayta sovutilsa ish bajariladi. Shu ish 473 K da ettinchi metallni isitishga sarf bo'ladi. Metallning ( $C_p=const$ ) maksimal harorati qanday bo'ladi?

182.Bosimni 10<sup>7</sup> dan 10<sup>6</sup> Pa gacha o'zgartirib, 5 kg havo 223 dan 323 gacha qizdirilsa, uning entropiyasi qanday o'zgaradi? Havoning solishtirma issiqlik sig'imi 1,005 J/g·K, molekulyar massasi 29.

183.Alyuminiy metallining 273–173 K oralig'ida o'rtacha issiqlik sig'imi 0.813 J/g·K bo'lsa, 5 mol alyuminiy metalli shu haroratlar intervalida sovutilganida uning entropiyasi qanday qiymatga teng bo'ladi?

184.O'rtacha issiqlik sig'imi 1.315 J/g·°C bo'lgan qattiq naftalin (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>) ning suyuqlanish issiqligi 149.6 J/g·K ga teng bo'lsa. 1 mol naftalin 0°C dan 80,4°C gacha qizdirilganida, uning entropiyasi qanday qiymatga ega bo'ladi?

185.327,4 – 800°C haroratlar oralig'ida qo'rg'oshinning issiqlik sig'imi 0,1415 kJ/kg·°C. suyuqlanish issiqligi 24.8 kJ/kg bo'lsa, suyuqlanish harorati 327.4°C

bo'lgan 1000 g qo'rg'oshin 1000°C gacha qizdirilganida uning entropiyasi qanday qiymatga ega bo'ladi?

186. Quyidagi reaksiyalarni:  $2C_2H_5Cl + 2Na \rightleftharpoons C_4H_{10} + 2NaCl$ ;  $2CH_3OH \rightleftharpoons CH_3-O-CH_3 + H_2O$ ;  $C_2H_5OH + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3-CO-O-C_2H_5 + H_2O$ ,

ilovadagi 9-jadvaldan berilgan standart entropiya qiymatlaridan foydalanib, reaksiyalarning entropiya o'zgarish qiymatlarini aniqlang.

187. Gaz holatidagi metanning 298 K dagi entropiyasi  $167,73 \cdot 10^3$  J/kmol·K bo'lsa, 800 K va 101325 Pa bosimda 1 l metanning entropiyasi qanday bo'ladi?

188. 373 K da suvning solishtirma bug'lanish issiqligi  $2263,8 \cdot 10^3$  J/kg, suyuq suvning solishtirma issiqlik sig'imi  $4,2$  J/kg·K. o'zgarmas bosimda solishtirma issiqlik sig'imi  $2 \cdot 10^3$  J/kg·K ekanligini hisobga olib, 100 g suvning 273 K dan 390 K gacha qizdirilganda bug'ga aylanish jarayonida entropiya o'zgarish qiymatini aniqlang.

189. Benzolning suyuqlanish harorati 5,49°C. suyuqlanish issiqligi 126,54 J/g·K, kristallga aylanish issiqligi 396 J/g·K, solishtirma issiqlik sig'imi 1,94 J/g·K bo'lsa, shu berilgan qiymatlardan foydalanib, 1 mol benzolni 80,2°C gacha qizdirilganda bug'ga aylanish jarayonidagi entropiyalar o'zgarishining yig'indisini hisoblang.

190. 298 K va 101325 Pa bosimda 1 mol azot va 1 mol vodorod gazlari aralashirilgan bo'lsa, shu aralashtirish jarayonida entropiya qiymati qancha ortadi?

## 8. Termodinamik potentsiallar

Ichki energiya, entalpiya, o'zgarmas bosim va haroratdagi erkin energiya ( $\Delta G$  – *Gibbs energiyasi*), o'zgarmas hajm va haroratdagi erkin energiya ( $\Delta F$  – *Geimgol's energiyasi*) lar termodinamik potentsiallar deyiladi. Ular xarakteristik funksiyalar ham deyiladi, chunki ularning o'zi yoki hosilalari orqali sistemaning termodinamik xossalari aniq ifodalash mumkin. Bular sistemaning xossalari xarakterlovchi funksiyalardir.

Termodinamik parametrlar jufti ( $S$  va  $V$ ;  $S$  va  $p$ ;  $T$  va  $V$ ;  $T$  va  $p$ ) o'zgarmas bo'lganida muvozanat holatidagi sistemada termodinamik potentsialning kamayishi shu sistemaning bajargan maksimal foydali ishga teng bo'ladi.



Erkin energiya  $F$  ( $T=const$ ,  $V=const$ ) Gelmgols energiyasi quyidagi formulalar bilan ifodalaniladi:

$$G = U - TS + pV \text{ yoki } \Delta G = \Delta U - T\Delta S + p\Delta V. \quad (\text{II.49})$$

Bu formuladagi  $U - TS = F$  deb olinsa, yuqoridagi formula

$$G = F + pV \text{ yoki } \Delta G = \Delta F + p\Delta V \quad (\text{II.50})$$

kö'rinishga ega bo'ladi.

(II.50)dagi  $-\Delta F$  qiymatini (II.50)dagi  $\Delta F$  o'rniga qo'yilsa,

$$\Delta G = A_{max} - pV \quad (\text{II.51})$$

hosil bo'ladi. Bu izobarik potensial qiymatini ifodalaydi. Izobarik potensial qiymati muvozanat holatida bajarilgan maksimal foydali ish qiymatiga teng bo'ladi:

$$\Delta G = A'_{max} \quad (\text{II.52})$$

buni (II.51)ga qo'yib chiqilsa, izobarik jarayonning masimal foydali ish qiymati qo'yidagicha bo'ladi:

$$A'_{max} = A_{max} - p\Delta V. \quad (\text{II.53})$$

Xulosa qilib aytilganda, izobarik – izotermik jarayonda bajarilgan maksimal foydali ish qiymati, erkin energiya hisobiga bajarilgan foydali ish qiymatidan tashqi bosimga qarshi hajm kengayishida bajarilgan ish qiymatini ayirib tashlangan qiymatiga teng bo'ladi.

$F$  va  $G$  lar sistemaning holati funksiyalari bo'lib,  $V, T=const$  va  $p, T=const$  bo'lganida o'z-o'zidan boradigan jarayonlarning yo'nalishini ko'rsatib beradi:  $\Delta G < 0$  bo'lsa,  $p=const$  va  $T=const$  bo'lganida jarayon to'g'ri yo'nalishda, aksincha,  $\Delta G > 0$  bo'lsa jarayon teskari yo'nalishda boradi. Agar  $\Delta G=0$  bo'lsa, sistema muvozanat holatida bo'ladi.

$\Delta F$  va  $\Delta G$  larning haroratga bog'liqligi Gibbs–Gelmgols tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\Delta F = \Delta U + T \frac{\partial \Delta F}{\partial T} \bigg|_V. \quad (\text{II.54})$$

$$\Delta G = \Delta U + T \frac{\partial \Delta G}{\partial T} \bigg|_p. \quad (\text{II.55})$$

O'zgarmas haroratda 1 mol ideal gazning izobarik potentsiali bilan bosim orasidagi bog'lanish quyidagi tenglama bilan ifodalandi:

$$G_T = G_T^0 + nRT \ln p \quad (\text{II.56})$$

bunda:  $G_T$ — $T$  harorat va  $p$  bosimdagi gazni izobarik potentsiali;

$G_T^0$ — 298 K harorat va 101325 Pa dagi (standart sharoitdagi) izobarik potentsial. (II.55) asosida gazlardan iborat sistemalardagi jarayonning izobarik potentsialini o'zgarish qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta G_T = \Delta G_T^0 + RT \ln p \quad (\text{II.57})$$

bunda:  $\ln p$ — dastlabki va oxirgi jarayonlardagi bosimlar ayirmasining logarifm qiymati.

1 mol moddaning elementlardan hosil bo'lish reaksiyasi uchun  $\Delta G^0$  qiymati termodinamik kattaliklar jadvalida keltiriladi.

**1- misol.** 300 K va 30562,5 Pa bosimda 7,1 g neon gazi berk idishda saqlanadi. Uni ideal gaz deb faraz qilib, berilgan haroratda 103975 Pa gacha siqilsa, gazning 3 ta termodinamik potentsiallari ( $\Delta G$ ,  $\Delta S$  va  $\Delta H$ ) qanday o'zgaradi?

**Berilgan:**  $T=300$  K;  $m=7,1$  g;  $M_{He}=40,366$ ;  $n=\frac{7,1}{40,366}=0,176$  mol;  
 $p_1=30562,5$  Pa;  $p_2=103975$  Pa;  $R=8,314$  J/mol·K.

**Noma'lum:**  $\Delta G=?$ ;  $\Delta S=?$ ;  $\Delta H=?$

**Yechish:** 1)  $\Delta G = RT \ln \frac{p_2}{p_1}$  dan Gibbs energiyasi hisoblanadi:

$$\Delta G = 2,303 \cdot 8,314 \cdot 300 \lg \frac{103975}{30562,5} = 3067 \text{ J/mol}$$

2)  $T=\text{const}$ , izotermik jarayon entropiyasi

$\Delta S = nR \ln \frac{p_1}{p_2}$  formuladan hisoblanadi:

$$\Delta S = 0,176 \cdot 8,314 \cdot 2,303 \lg \frac{30562,5}{103975} = -4,95 \text{ J/mol}$$

3)  $T = \text{const}$ . izotermik jarayonda sistemaning entalpiya o'zgarishi Gibbs energiyasi qiymatidan aniqlanadi:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \text{ dan } \Delta H = \Delta G - T\Delta S \text{ bo'ladi.}$$

$$\Delta H = 3067 - 300 \cdot (-4,95) = 3067 + 1485 = 4552 \text{ J/mol.}$$

**2 – misol.**  $C_6H_{12} \rightleftharpoons 3C_2H_4$  reaksiya 1000 K da qaysi tomonga boradi?

Agar shu haroratda  $\Delta G_{C_6H_{12}}^0 = 402,2 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta G_{C_2H_4}^0 = 114 \text{ kJ/mol}$  ga teng bo'lsa.

**Berilgan:**  $T = 1000 \text{ K}$ ;  $\Delta G_{C_6H_{12}}^0 = 402,2$ ;  $\Delta G_{C_2H_4}^0 = 114$ .

**Yechish:**  $\Delta G_{r-ya} = \Delta G_{C_2H_4}^0 - \Delta G_{C_6H_{12}}^0 = 3 \cdot 114 - 402,2 = -60,2 \text{ kJ/mol}$

Demak, reaksiyaning erkin energiyasi  $0 < \Delta G$ , shuning uchun reaksiya siklogeksanni parchalanish tomoniga boradi.

**3 – misol**  $Na_2O + SiO_2(q) = Na_2SiO_3$ , reaksiyaning 298 K dagi termodinamik potentsiali ( $\Delta G$ ) qanday bo'ladi? Hisoblash uchun reaksiya da ishtirok etayotgan moddalarning  $\Delta H_{298}^0$  va  $\Delta S_{298}^0$  qiymatlarini ilovadagi o'dan olinadi.

**Berilgan:**  $T = 298 \text{ K}$ ;  $\Delta H_{Na_2O}^0 = -430,6 \text{ kJ/mol}$ ;  $H_{SiO_2}^0 = -860,11 \text{ kJ/mol}$ ;

$$\Delta H_{Na_2SiO_3}^0 = -1518 \text{ kJ/mol}; \Delta S_{Na_2O}^0 = 71,1 \text{ J/mol}\cdot\text{K};$$

$$\Delta S_{SiO_2}^0 = 42,09 \text{ J/mol}\cdot\text{K}; \Delta S_{Na_2SiO_3}^0 = 113,8 \text{ J/mol}\cdot\text{K}.$$

**Yechish:** 1)  $\Delta H_{r-ya} = \Delta H_{Na_2SiO_3}^0 - \Delta H_{Na_2O}^0 + \Delta H_{SiO_2}^0 =$   
 $= -1518 - (-430,6 - 860,11) = -227,29 \text{ kJ/mol} = -227\,290 \text{ J/mol}$

$$2) \Delta S = 113,8 - (71,1 + 42,09) = 0,61 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

3) Sistemaning Gibbs energiyasini o'zgarish qiymati

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 \text{ formuladan hisoblanadi:}$$

$$\Delta G = -227290 - 298 \cdot 0,61 = -227290 - 181,78 = -227472 \text{ J/mol.}$$

## Masalalar

191. Bir atomli ideal gazning 1 mol miqdori 773 K va 5053.6 Pa dan  $1.013 \cdot 10^4$  Pa bosimgacha izotermik siqilganidan keyingi sistemaning  $\Delta G$  qiymatini aniqlang.

192. 300 K da 70 g azotning (uni ideal gaz deb hisoblansin) bosimi 50562,5 Pa dan 303975 Pa gacha oshirilganida termodinamik potentsiali ( $\Delta G^0$ ) qanday bo'ladi?

193.  $CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl_{(g)} + HCl$ . shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning standart sharoitdagi  $\Delta H^0$  va  $S^0$  qiymatlarini ilovadagi 10-jadvaldan olib, sistemaning ( $\Delta G^0$ ) potentsialini aniqlang.

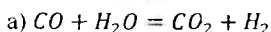
194.  $CH_3-CO-CH_3_{(g)} + 4O_2 \rightleftharpoons 3CO_2 + 3H_2O_{(s)}$ , shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning standart sharoitdagi  $\Delta H^0$  va  $S^0$  qiymatlarini ilovadagi 10-jadvaldan olib, sistemaning izobarik ( $\Delta G^0$ ) potentsialini aniqlang.

195.  $N_2 + 2H_2O_{(s)} = NH_4NO_2$ . shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning izobarik potentsiallari quyidagicha:  $\Delta G_{H_2O_{(c)}}^0 = -237.5$  kJ/mol;  $\Delta G_{NH_4NO_2}^0 = 115.94$  kJ/mol, shu qiymatlardan foydalanib, sistemaning izobarik – izotermik potentsiali va reaksiyani qaysi tomonga yo'nalishini aniqlang.

196. Muzning erish issiqligi 273 K da 334.7 J/g ga teng. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi 4.184 J/g·K, muzning solishtirma issiqlik sig'imi 2.02 J/g·K bo'lsa, 1 mol suv o'ta sovutilganda 268 K da muzlaydi. Shu vaqtda jarayonning erkin energiyasi ( $\Delta G^0$ ),  $\Delta H^0$  va  $S^0$  larning o'zgarishi qanday bo'ladi?

197. Rombik S ning 298 K dagi entropiya qiymati 32.04 J/mol·K, monoklinik oltingugurtniki ( $S_m$ ) esa 32.68 J/mol·K ga teng. Ularning yonish issiqliklari – 297,948 va –298,246 kJ/mol ga tengligini hisobga olib, allotropik shakl o'zgarish reaksiyasi:  $S_{\text{romb}} \rightarrow S_{\text{monok}}$  uchun  $\Delta G^0$  ni aniqlang. Hisoblashda oltingugurtning har ikkala shaklining zichliklari orasidagi farq inobatga olinmasin.

198. Quyidagi reaksiyalarda:



b)  $CO + 2H_2 = CH_3OH$ , ishtirok etayotgan moddalarning  $\Delta H_{298}^0$  va  $S_{298}^0$  qiymatlarni ilovadagi 10-jadvaldan olib, reaksiyaning 700 K dagi izobarik potentsiali ( $\Delta G^0$ ) ni hisoblang.

199.  $ZnO + CO = Zn + CO_2$ , shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning  $\Delta H_{298}^0$  va  $S_{298}^0$  qiymatlarni 10-jadvaldan olib, reaksiyaning 298 K dagi potentsiali ( $\Delta G^0$ ) ni aniqlang.

200.  $H_2 + Cl_2 = 2HCl$ , shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning  $\Delta H^0$  va  $S^0$  qiymatlarini ilovadagi 0dan olib, sistemaning izobarik potentsiali ( $\Delta G^0$ ) ni aniqlang.

201. Suv bug'ini ideal gaz deb hisoblab, Gibbs va Gelmgols ichki energiya qiymatlarini aniqlang. Suvni qaynash harorati 373 K, bosimi 101325 Pa. O'zgarmas bosimda suvning bug'lanish issiqligi 40.71 kJ/mol ga teng.

202. Benzoy kislotaning suyuqlanish harorati 395 K. Qattiq va suyuq benzoy ( $C_6H_5-COOH$ ) kislotaning issiqlik sig'imlari 148 va 250 J/mol·K ga teng. Benzoy kislotada 385,5 K gacha sovutilganida qayta kristallanadi. SHu vaqtda Gibbs energiyasi qanday qiymatga ega bo'ladi?

## 9. Kimyoviy muvozanat konstantasi

Qaytar jarayonlarni borish chegarasi, kimyoviy muvozanatning qaror topishi holati bilan belgilanadi. To'g'ri va teskari reaksiyalarning tezliklari tenglashganda sistemaning Gibbs energiyasi  $\Delta G^0=0$  bo'ladi va sistemada muvozanat vujudga keladi. Shuningdek, muvozanat holatida reaksiyaga kirishayotgan va reaksiya natijasida (massalar ta'siri qonunida ko'rsatilganidek) hosil bo'layotgan moddalarning konsentratsiyalari tenglashadi. Reaksiya natijasida hosil bo'layotgan moddalarning konsentratsiyalari ko'paytmasini, reaksiyaga kirishayotgan reagentlar konsentratsiyasining ko'paytmasiga nisbati o'zgarmas qiymati bo'lib, muvozanat konstantasi deb ataladi.

Muvozanat holati va konstantasini aniqlash uchun quyidagi stexiometrik tenglamani misol qilib olamiz:

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ , bunda  $a, b, c, d$  – lar stexiometrik koeffitsiyentlar

$A, B, C, D$  – lar komponentlar belgisi.

Massalar ta'siri qonuniga muvofiq, reaksiyaning muvozanat konstantasi:

$$K^* = \frac{C^c D^d}{A^a B^b} \quad (\text{II.58})$$

bo'ladi.

Agar reaksiyada ishtirok etayotgan moddalar gaz holatida bo'lib, ideal gaz qonunlariga bo'ysunsa, muvozanat konstantasi parsial bosim asosida yoziladi:

$$K_{p(T)} = \frac{P_C^c P_D^d}{P_A^a P_B^b}. \quad (\text{II.59})$$

Reaksiya o'zgarmas hajmda borsa Mendeleyev–Klayperon tenglamasi bo'yicha parsial bosimni quyidagicha ifodalash mumkin:

$pV = nRT$ , bundan  $p = \frac{n}{V}RT$  bo'ladi;  $\frac{n}{V} = c$  deb olinsa, u holda  $p = cRT$  bo'ladi.

bunda,  $p$  – gazsimon moddaning parsial bosimi;  $n$  –  $V$  hajmdagi mollar soni;  $c$  – moddaning konsentratsiyasi (mol/l).

$P$  qiymatini (II.58) qo'yib ishlab chiqilsa, quyidagi qiymat kelib chiqadi:

$$K_{c(T)} = \frac{C^c D^d}{A^a B^b}. \quad (\text{II.60})$$

Bu tenglamani suyuq komponentli sistemalariga qo'llash mumkin. Muvozanat konstantalari  $K_p$  va  $K_c$  lar haroratga bog'liq bo'ladi.

**I- misol** Muvozanat holatida  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  bo'lgan sistemada 0,3 mol/l azot, 0,9 mol/l vodorod va 0,4 mol/l ammiak bo'lsa, dastlabki holatda qancha  $N_2$ , qancha  $H_2$  gazlari bo'lgan? Sistemaning muvozanat konstantasi qanday qiymatga ega?

**Berilgan:**  $c_{H_2} = 0,9$  mol/l;  $c_{N_2} = 0,3$  mol/l;  $c_{NH_3} = 0,4$  mol/l.

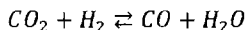
**Noma'lum:**  $K = ?$ ;  $c_{N_2}^0 = ?$ ;  $c_{H_2}^0 = ?$

**Yechish:** 1)  $K = \frac{c_{NH_3}}{c_{N_2} \cdot c_{H_2}} = \frac{0,4^2}{0,3 \cdot 0,9^2} = \frac{0,16}{0,243} = 0,6584.$

2)  $c_{N_2}^0 = \frac{0,4}{2} + 0,3 = 0,5 \text{ mol.}$

3)  $c_{H_2}^0 = \frac{0,4}{2} \cdot 3 + 0,9 = 1,5 \text{ mol.}$

**2-misol.** Quyidagi reaksiyada suv bug' holatida bo'ladi:



1936 K va 101325 Pa bosimda muvozanat holatidagi aralashma tarkibida 30,1% CO, shuncha H<sub>2</sub>O, 19,9% CO<sub>2</sub> va shuncha miqdorda H<sub>2</sub> gazlari bo'ladi. Reaksiya muvozanat konstantalari K<sub>p</sub>, K<sub>c</sub> va CO<sub>2</sub> ham H<sub>2</sub> larning dastlabki konsentratsiyalarini aniqlang.

**Berilgan:**  $c_{CO} = 30,1\%$ ;  $c_{H_2O} = 30,1\%$ ;  $c_{CO_2} = 19,9\%$ ;  $c_{H_2} = 19,9\%$ ;  
 $T = 1936K$ ;  $p = 101325 \text{ Pa.}$

**Ma'lum:**  $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot K$

**Noma'lum:**  $K_c = ?$ ;  $K_p = ?$ ;  $c_{CO_2}^0 = ?$ ;  $c_{H_2}^0 = ?$

**Yechish:**  $p' = PN$  yoki  $p' = \frac{m}{M} p$  asosida muvozanat holatidagi har bir komponentni parsial bosimi hisoblanadi:

1)  $p'_{CO} = \frac{m}{M_{CO}} p = \frac{30,1}{28} \cdot 101325 = 108924,4 \text{ Pa,}$

$$p'_{H_2O} = \frac{30,1}{18} \cdot 101325 = 169437,91 \text{ Pa,}$$

$$p'_{CO_2} = \frac{19,9}{44} \cdot 101325 = 45826,53 \text{ Pa,}$$

$$p'_{H_2} = \frac{19,9}{2} \cdot 101325 = 1008183,75 \text{ Pa.}$$

2)  $K_p$  hisoblanadi:

$$K_p = \frac{p'_{CO} \cdot p'_{H_2O}}{p'_{CO_2} \cdot p'_{H_2}} = \frac{108924,4 \cdot 169437,91}{45826,53 \cdot 1008183,75} = 0,40,$$

3) Reaksiya tenglamasi bo'yicha  $\Delta a = 0$ ;  $K_p = K_c RT^{\Delta a}$  dan

$$K_c = \frac{K_p}{RT^{\Delta a}} = \frac{0,4}{8,314 \cdot 1936} = 2,485 \cdot 10^{-5},$$

4)  $CO_2$  va  $H_2$  larning dastlabki konsentratsiyalari aniqlanadi.

a) Reaksiya uchun olingan  $CO_2$  dan 30,1 %  $CO$  hosil bo'lib, 19,9%

$CO_2$  ortib qoladi, ya'ni  $c_{CO_2}^0 = 30,1 + 19,9 = 50\%$  bo'lgan.

b) Reaksiya uchun olingan  $H_2$  dan 30,1 % suv hosil bo'lib, 19,9%

$H_2$  ortib qoladi, ya'ni  $c_{H_2}^0 = 30,1 + 19,9 = 50\%$  bo'lgan.

Demak, reaksiya uchun 50%  $CO_2$  va 50%  $H_2$  gazlar aralashmasi olingan.

**3 – misol**  $H_2 + J_2 \rightleftharpoons 2HI$ , reaksiyada 670 K da muvozanat holatida bo'lib,

$K_p = K_c = 50$  ga teng. Reaksiyaga qadar: a) 3 mol  $H_2$ , 4 mol  $J_2$  va 6 mol  $HI$ ;

b) 2 mol  $H_2$ , 3 mol  $J_2$  va 12 mol  $HI$  aralastirilgan. Muvozanat holatida aralashmani tarkibi qanaday bo'lgan?

**Berilgan:**  $K_p = K_c = 50$ ;  $T = 670$  K.

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| a) $c_{H_2}^0 = 3$ mol; | b) $c_{H_2}^0 = 2$ mol; |
| $c_{J_2}^0 = 4$ mol;    | $c_{J_2}^0 = 3$ mol;    |
| $c_{HI}^0 = 6$ mol;     | $c_{HI}^0 = 12$ mol.    |

- Noma'lum:**
- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| a) $c_{H_2} = ?$ | b) $c_{H_2} = ?$ |
| $c_{J_2} = ?$    | $c_{J_2} = ?$    |
| $c_{HI} = ?$     | $c_{HI} = ?$     |



**Yechish:** a)  $K_p = K_c = \frac{HJ^2}{H_2 J_2}$  dan muvozanat holatidagi konsentratsiyalar aniqlanadi:

$$c'_{HJ} = HJ^2 = (6+x)^2,$$

$$c'_{H_2} = H_2 = (3-x)$$

$$c'_{J_2} = J_2 = (4-x) \text{ deb belgilab olinadi va shu qiymatlarni}$$

muvozanat konstantasi formulasiga qo'yib  $x$  ni qiymati hisoblanadi:

$$1) 50 = \frac{6+x^2}{3-x} = \frac{6+x^2}{4-x} \text{ dan } 50[(3-x)(4-x)] = (6+x)^2$$

$$50(12 - 3x - 4x + x^2) = (6+x)^2$$

$$50(12 - 7x + x^2) = (6+x)^2$$

$$600 - 350x + 50x^2 - 36 - 12x - x^2 = 0,$$

$$49x^2 - 362x + 564 = 0.$$

$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  formulaga  $a, b, c$  lar qiymatini qo'yib ishlab chiqilsa;

$$x_{1,2} = \frac{-362 \pm \sqrt{362^2 - 4 \cdot 49 \cdot 564}}{2 \cdot 49} \text{ dan } x_1 = 5,15 \text{ va } x_2 = 2,23 \text{ kelib chiqadi.}$$

Bulardan  $x_1 = 5,15$  masala shartini qanoatlantirmaydi.  $x_2 = 2,23$  ni shartli ravishda belgilab, olingan konsentratsiyalar o'rniga qo'yib, muvozanat holatidagi moddalar konsentratsiyasi hisoblanadi:

$$2) c_{H_2} = (3-x) = 3 - 2,23 = 0,77 \text{ mol} \approx 1 \text{ mol},$$

$$c_{J_2} = (4-x) = 4 - 2,23 = 1,77 \text{ mol} \approx 2 \text{ mol},$$

$$c_{HJ} = (6+x) = (6+2,23) = 8,23 \text{ mol} \approx 8 \text{ mol},$$

b) Bunda ham muvozanat holatidagi komponentlar konsentratsiyasi quyidagicha belgilab olinadi:

$$c_{H_2} = H_2^2 = (12 + x)^2; c_{J_2} = J_2 = 3 - x; c_{H_2} = H_2 \\ = (2 - x)$$

Shu qiymatlarni  $K_p = K_c = \frac{H_2^2}{H_2 J_2}$  ga qo'yib ishlanadi:

$$1) 50 = \frac{12+x^2}{2-x} \text{ dan } 50[(2-x)(3-x)] = (12+x)^2 \\ 50(6 - 2x - 3x + x^2) = 144 - 24x + x^2 \\ 300 - 274x + 49x^2 = 0, \\ x_{1,2} = \frac{274 \pm \sqrt{274^2 - 4 \cdot 49 \cdot 156}}{2 \cdot 49} \text{ dan } x_1 = 4,95; x_2 = 0,64.$$

2) Konsentratsiyalarni aniqlash uchun  $x_2 = 0,64$  qiymat olinadi:

$$c_{H_2} = (2 - x) = 2 - 0,64 = 1,36 \text{ mol.}$$

$$c_{J_2} = (3 - x) = 3 - 0,64 = 2,36 \text{ mol,}$$

$$c_{H_2} = (12 + x) = (12 + 0,64) = 12,64 \text{ mol.}$$

**4 – misol.**  $CO_2$  gazi quyidagi tenglama bo'yicha dissotsialanadi:  
 $2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$ , shu reaksiyani ,birinchi muvozanat konstantasi 1300 K da  $3,708 \cdot 10^{-9}$  ga teng. Berilgan haroratda  $CO_2 + C = 2CO$  reaksiyaning muvozanat konstantasi  $1,419 \cdot 10^{-11}$ . Muvozanat konstantalarini kombinatsiyalash bilan  $CO_2 \rightleftharpoons C + O_2$  reaksiyaning muvozanat umumiy konstantasini aniqlang.

**Berilgan:**  $K'_p = 3,708 \cdot 10^{-9}$  reaksiyaning birinchi bosqich konstantasi;

$K''_p = 1,419 \cdot 10^{-11}$  reaksiyaning ikkinchi bosqich konstantasi.

**Noma'lum:**  $K = ?$

**Yechish:** Reaksiyani hamma bosqichdagi reaksiya tenglamalari yoziladi:

1) Reaksiyaning umumiy tenglamasi:  $2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$ ;

a) 1-bosqichi:  $CO_2 + C = 2CO$ ;

b) 2-bosqichi:  $CO_2 \rightleftharpoons C + O_2$ .

$$2) \lg K_p = \lg K_p' \cdot \lg K_p'' = \lg 3.708 \cdot 10^{-9} - \lg 1.419 \cdot 10^{-11} =$$

$$= (0,5691 + 0,1519) \cdot 10^{-20} = 0,7210 \cdot 10^{-20},$$

$$K_p = 5,26 \cdot 10^{-20}.$$

### Masalalar

203.  $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$ , shu reaksiya 930K da muvozanat holatida bo'lganida aralashma tarkibida 4%  $CO$ ; 64%  $H_2O$  va 16 % dan  $H_2O$  hamda  $CO_2$  gazlari bo'ladi. Reaksiyaning muvozanat konstantalari:  $K_p$  va  $K_c$  hamda  $CO_2$  va  $H_2$  gazlarning dastlabki konsentratsiyalarini aniqlang.

204. Sirka kislotasi bilan etil spirti sulfat kislotasi ishtirokida aralastirilganida quyidagi tenglama asosida reaksiya boradi:  $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$ . reaksiyada muvozanat sodir bo'lganida aralashma tarkibida  $\frac{1}{3}$  moldan kislotasi va spirti,  $\frac{2}{3}$  moldan efir va suv bo'ladi. Shu reaksiyaning  $K_s$  si, kislotasi va spirtlarning dastlabki konsentratsiyalari qanday bo'lgan?

205. Fosfor ( $P$ ) xlorid qizdirilganida quyidagi tenglamadagidek dissotsilanadi:  $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ . bu reaksiya 10 litrli idishda olib boriladi. Ma'lum haroratdan keyin 1 mol  $PCl_5$  dan 0,75 moli parchalanadi. Shu haroratdagi muvozanat konstantasi ( $K_s$ ) aniqlansin.

206.  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ . sistema muvozanat holatida bo'lganida aralashma tarkibida 0,3 mol  $N_2$ ; 0,9 mol  $H_2$  va 0,4 mol  $NH_3$  bo'ladi. Shu reaksiyaning muvozanat konstantasi ( $K_s$ ), azot va  $H_2$  larning dastlabki konsentratsiyalarini aniqlang.

207.  $SO_2 + Cl_2 \rightleftharpoons SO_2Cl_2$ , shu reaksiyani  $K_c$  si 375 K da 13,33 ga teng. Shu haroratda reaksiyani  $K_p$  si nechaga teng bo'ladi?

208. Quyidagi reaksiyalarning  $K_p$  va  $K_c$  tenglamalarini yozing.  $2CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4 + CO_2$ ;  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ ;  $4HCl + O_2 \rightleftharpoons 2Cl_2 + 2H_2O$ ;  $2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$ ;  $CH_4 + 2H_2O \rightleftharpoons CO_2 + 4H_2$

209.  $3Fe + 4H_2O_{(b)} \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2$  reaksiya 473 K da muvozanat holatida bo'lganida  $H_2$  ning parsial bosimi 127168 Pa ga teng. Suv bug'ining dastlabki

bosimi 133322 Pa ga teng. Ko'rsatilgan haroratda reaksiyaning muvozanat konstantasi qancha bo'ladi?

210.  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ , shu reaksiyaning muvozanat konstantasi 930,5 K da 1 ga teng ( $K_c = 1$ ). Reaksiyaga qadar idishda gazlar aralashmasi quyidagicha bo'lgan: a) 3 mol  $CO$ , 4 mol  $H_2O$ ; b) 6 mol  $CO$  4 mol  $H_2O$ ; v) 10 mol  $CO$ , 4 mol  $H_2O$ ; g) 20 mol  $CO$ , 4 mol  $H_2O$ . Moddalarning dastlabki konsentratsiyalari muvozanatni siljishiga qanday ta'sir qiladi? Muvozanat holatidagi aralashma konsentratsiyasi qanday?

211.  $O_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons O_3$ , shu reaksiyani 900 K dagi  $K_p = 2.058 \cdot 10^{-2}$  ga teng bo'lsa. ko'rsatilgan harorat uchun  $K_c$  si qanday bo'ladi?

212.  $2FeO \rightleftharpoons 2Fe + O_2$ . shu reaksiyaning muvozanat konstantasini quyidagi reaksiyalarning tenglamalarini kombinatsiyalash bilan hisoblab chiqaring.  $FeO + H_2 \rightleftharpoons Fe + H_2O + Q_1$ ;  $2H_2O \rightleftharpoons 2H_2 + O_2 + Q_2$ .

213.  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$  shu reaksiyaning muvozanat konstantasini quyidagi reaksiyalarning tenglamalarini kombinatsiyalash bilan hisoblang:

$2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2 + Q_1$ ;  $2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + Q_2$ .

## 10. Kimyoviy reaksiyalarning izotermik tenglamalari.

Sistema muvozanat holatida bo'lmagan vaqtda parsial bosim va konsentratsiyalarning o'zgarishi natijasida reaksiyani yo'nalishi quyidagi izotermik tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$\Delta G_{p,T} = -RT \ln K_p + RT \ln \frac{P_C^{c_1} P_D^{d_2}}{P_A^{a_1} P_B^{b_1}} \quad (\text{II.61})$$

yoki qisqacha qilib,

$$\Delta G_{p,T} = RT \ln K_p - \ln K'_p = 2,303RT \lg \frac{K_p}{K'_p} \quad (\text{II.62})$$

yozish mumkin.

$P, T = \text{const}$  bo'lganida: (II.64) formula quyidagicha

$$\Delta G_{p,T} = -RT \ln K_p + RT \ln \frac{P_C^{c_1} P_D^{d_2}}{P_A^{a_1} P_B^{b_1}} \quad (\text{II.63})$$

bo'ladi.

Reaksiya uchun olingan moddalardan har birining dastlabki konsentratsiyalari (yoki parsial bosimlari – 1 atm) 1 ga teng bo'lsa, (II.63) tenglamaning ikkinchi hadi nulga teng bo'ladi:

$$-\Delta G = RT \ln K_p = 2,303RT \lg K_p \quad (\text{II.64})$$

$V, T = \text{const}$  bo'lganida (II.64) asosida sistemaning erkin energiyasini o'zgarishi tubandagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

$$-\Delta F_{T,V} = RT \ln K_C = 2,303RT \lg K_C. \quad (\text{II.65})$$

O'zgarish hajm va haroratda o'z-o'zicha to'g'ri yo'nalishda boradigan termodinamik jarayonlar Gelmgols (izoxorik potensial), o'zgarish bosim va haroratda o'z-o'zidan to'g'ri yo'nalishdagi jarayonlar esa Gibbs (izobarik potensial) energiyalarining kamayishi hisobiga kechadi.

Agar reaksiyada ishtirok etayotgan komponentlar parsial bug' bosimlari 101325 Pa bo'lsa, komponentlar standart holatida deb qabul qilinadi va potentsiallar o'zgarishi ham standart sharoitda deb olinadi, ya'ni  $\Delta F_T^0$  va  $\Delta G_T^0$  ko'rinishda ifoda qilinadi.

Dastlab, o'lchov birliklari sistemasida  $\Delta G_T^0 = -RT \ln K_p' = 0$  deb qabul qilingan, ya'ni  $p=1$  atm bo'lsa, 1 ning o'nli logarifm qiymati 0 ga teng bo'ladi, ya'ni;  $\Delta G_T^0 = -RT \cdot 2,303 \lg K_p' = -RT \cdot 2,303 \lg 1 = 0$

Formuladagi parsial bosim ( $p'$ ) o'rniga  $1,013 \cdot 10^5$  Pa ni qo'yib,  $\Delta G$  qiymatini aniqlash mumkin. Chunki 1 atm =  $1.013 \cdot 10^5$  Pa.

$$\Delta G_{p,T}^0 = -RT \ln K_p + RT \ln 1,013 \cdot 10^5 \Delta a \quad (\text{II.66})$$

bunda:  $\Delta a_i = (c+d+\dots) - (a_1+a_2+\dots)$  – stexiometrik tenglamalar darajasini farqi.

$$\Delta G_{p,T} = -RT \ln K_p + \Delta a RT \ln 1,013 \cdot 10^5 = -RT \ln K_p + 8,314 \cdot 2,303 \cdot$$

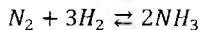
$$5,0056 \cdot \Delta a T \Delta G_{p,T} = -RT \ln K_p + 95,84 \Delta a T$$

Gelmgols energiyasining standart qiymati quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\Delta F^0 = -RT \ln K_C. \quad (\text{II.67})$$

Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarni ideal gaz qonuniga bo'ysunadi deb,  $K_p$ ,  $K_C$  va  $K_X$  lar orasidagi bog'liqlikni aniqlash mumkin.

Misol tariqasida ammiakning sintezi reaksiyasini ko'rish mumkin:



Reaksiyadagi moddalarning parsial bosimlari:  $p_{N_2}$ ,  $p_{H_2}$ ,  $p_{NH_3}$ , konsentratsiyalari:  $c_{N_2}$ ,  $c_{H_2}$ ,  $c_{NH_3}$  mol qismlari;  $X_{N_2}$ ,  $X_{H_2}$ ,  $X_{NH_3}$  deb belgilansa, ulur orasidagi bog'liqlik quyidagicha bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} p_{N_2} &= \frac{n_{N_2}}{V} RT = c_{N_2} RT \\ p_{H_2} &= \frac{n_{H_2}}{V} RT = c_{H_2} RT \\ p_{NH_3} &= \frac{n_{NH_3}}{V} RT = c_{NH_3} RT \end{aligned} \right\} \quad (II.68)$$

bunda:  $n_{N_2}$ ,  $n_{H_2}$ ,  $n_{NH_3}$  - moddalarning mol sonlari. Mol qismlari esa quyidagicha bo'ladi:  $X_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n}$ ,  $X_{H_2} = \frac{n_{H_2}}{n}$ ,  $X_{NH_3} = \frac{n_{NH_3}}{n}$   $n = n_{N_2} + n_{H_2} + n_{NH_3}$  ga teng.

(II.68) formulalar asosida reaksiyani muvozanat konstantasi:

$$K_p = \frac{p_{NH_3}^2}{p_{N_2} p_{H_2}^3} = \frac{c_{NH_3}^2}{c_{N_2} c_{H_2}^3} \cdot RT^{2-1-3} = \frac{c_{NH_3}^2}{c_{N_2} c_{H_2}^3} \cdot RT^{-2} \quad (II.69)$$

bunda:  $\frac{c_{NH_3}^2}{c_{N_2} c_{H_2}^3} = K_c$  bo'lsa, (II.72) quyidagicha yoziladi:

$$K_p = K_c \cdot RT^{-2}, \quad (II.70)$$

$K_c$  bilan  $K_X$  orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

$$K_X = \frac{\frac{n_{NH_3}}{V}}{\frac{n_{N_2}}{V} \frac{n_{H_2}^3}{V}} \cdot n^2 \cdot \frac{1}{V}^{3+1-2} = \frac{c_{NH_3}^2}{c_{N_2} c_{H_2}^3} \cdot \frac{n^2}{V}$$

yoki

$$K_X = K_c \cdot \frac{n^2}{V} \quad (II.71)$$

Umuman konstantalar orasidagi bog'liqlik qisqacha quyidagicha ifodalaniadi:

$$K_p = K_c \cdot RT^{-\Delta a} \quad (II.72):$$

$$K_X = K_c \cdot \frac{n^2}{V}^{-\Delta a} \quad (II.73)$$

bunda  $\Delta a$  - reaksiya tenglamasidagi chap va o'ng tomondagi stexiometrik koeffitsiyentlar orasidagi ayirma.

(II.66 va II.67) formulalardagi  $\Delta F^0$  va  $\Delta G^0$ larning standart qiymatlarini jadvallardan olib, jarayonlarni muvozanat konstantalari  $K_p$ ,  $K_c$  va  $K_x$  larni hisoblash mumkin.

Agar jadvallarda  $\Delta F^0$  va  $\Delta G^0$ larning standart qiymatlari berilmagan bo'lsa, Gess qonuni asosida sistemada ishtirok etayotgan moddalarni hosil bo'lish standart issiqlik qiymatlaridan foydalanib, erkin (izobarik–izotermik va izoxorik–izotermik potentsiallar) energiya qiymatlarini hisoblash mumkin.

Standart izobarik potentsialning o'zgarish qiymatini, ya'ni reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarni standart  $\Delta H^0$  va  $S^0$  qiymatlari asosida quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H^0 - T\Delta S. \quad (II.74)$$

(II.64) dagi  $\Delta G_T^0$  o'rniga standart qiymatni qo'yib, standart sharoitdagi (25°C va 101325 Pa bosim)  $K_p^0$ ni ham hisoblash mumkin.

bunda  $\Delta S^0$  – reaksiyada entropiyaning o'zgarishini ko'rsatadi.

**1 – misol.**  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$ , reaksiya harorati 873 K ga etganida, uning muvozanat konstantasini qiymati 6,386 ga teng bo'ladi. Reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyalari quyidagicha berilgan:

- a) 1 mol  $CO$ ; 1 mol  $Cl_2$  va 4 mol  $COCl_2$
- b) 1 mol  $CO$ ; 1 mol  $Cl_2$  va 8 mol  $COCl_2$
- d) 1 mol  $CO$ ; 1,566 mol  $Cl_2$  va 10 mol  $COCl_2$

shular asosida reaksiyaning yo'nalishini aniqlang.

**Berilgan:**  $T=873$  K;  $K_c=6,386$ ;

- a)  $c_{CO}=1$  mol;  $c_{Cl_2}=1$  mol;  $c_{COCl_2}=4$  mol.
- b)  $c_{CO}=1$  mol;  $c_{Cl_2}=1$  mol;  $c_{COCl_2}=8$  mol.
- d)  $c_{CO}=1$  mol;  $c_{Cl_2}=1,566$  mol;  $c_{COCl_2}=10$  mol.

**Ma'lum:**  $R=8,314$  J/mol·K

**Noma'lum:** a)  $\Delta F_T=?$ ; b)  $\Delta F_T=?$ ; v)  $\Delta F_T=?$ ;  $\Delta n_i=?$ ;  $\Delta a_i=?$ .

**Yechish:** Reaksiya tenglamasidagi molekular sonining farqi aniqlanadi:

$$\Delta G_{p,T} = RT \ln K_p - \ln K'_p$$

$\Delta F^0 = RT \ln \frac{c_{COCl_2}}{c_{CO}c_{Cl_2}} - \ln K_c$  dan reaksiyaning izoxorik potentsiali aniqlanadi :

a)  $\Delta F_T = 2,303 \cdot 8,314 \cdot 873 \cdot \lg 4 - \lg 6,386 =$   
 $16715,5 \cdot -0,203 = -3396,06 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ko'rib turibiki,  
 $\Delta F_T < 0$ , reaksiya to'g'ri yo'nalishda boradi.

b)  $\Delta F_T = 2,303 \cdot 8,314 \cdot 873 \cdot \lg 8 - \lg 6,386 =$   
 $= 16715,5 \cdot 0,0977 = 1635,79 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ;  
bunda  $\Delta F_T > 0$ , shuning uchun reaksiya teskari yo'nalishda boradi.

d)  $\Delta F_T = 2,303 \cdot 8,314 \cdot 873 \cdot \lg 6,386 - \lg 6,386 = 0$ ,  
ya'ni  $\Delta F_T = 0$ . Bunday holatda sistema muvozanatda bo'ladi.

**2 – misol.**  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$ , reaksiyani  $600^\circ\text{C}$  dagi muvozanat konstantasi  $1,678 \cdot 10^{-6}$  ga teng. Shu haroratda 1 mol  $CO$  gazi 303975 Pa, 1 mol  $Cl_2$  202650 Pa va 1 mol  $COCl_2$  50662 Pa bosimga ega bo'lsa, sistemaning izobarik potentsiali qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $P_{CO} = 303975 \text{ Pa}$ ;  $P_{Cl_2} = 202650 \text{ Pa}$ ;  $P_{COCl_2} = 50662 \text{ Pa}$ ;  $t = 600^\circ\text{C}$ ;  $T = 273 + 600 = 873 \text{ K}$   
 $K_p = 1,678 \cdot 10^{-6}$

**Ma'lum:**  $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ ;  $\Delta \alpha_i = -1$

**Noma'lum:**  $\Delta G_T = ?$

**Yechish:**  $\Delta G_T = -RT \ln K_p + RT \cdot \ln \frac{P_{COCl_2}}{P_{CO} \cdot P_{Cl_2}}^{\Delta \alpha_i}$  formuladan izobarik potentsial aniklanadi:



$$\Delta G_T = -2,303 \cdot 8,314 \cdot 873 \cdot \lg 1,678 \cdot 10^{-6} + 2,303 \cdot 8,314 \cdot 873 \cdot \lg \frac{50667}{303975 \cdot 202650}^{-1} = -16715,45 \cdot -5,775 + 16715,45 \cdot \lg \frac{303975 \cdot 202650}{50667} = 96535,23 + 101711,16 = 198246,39 \text{ J mol} \cdot \text{K} = 198,25 \text{ kJ mol} \cdot \text{K}$$

**3 – misol.**  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$  reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning standart  $\Delta H_{298}^0$  va  $S_{298}^0$  qiymatlarini ilovadagi 10-jadvaldan olib,  $25^\circ\text{C}$  va normal bosimdagi reaksiyani izobarik potensial o'zgarish qiymatini va  $K_p$  sini aniqlang.

**Berilgan:**  $t=25^\circ\text{C}$ ;  $T = 273+25=298 \text{ K}$ ;  $P = 101625 \text{ Pa}$ ;  
 $\Delta a_i = -1$ ;  $K_p=1.678 \cdot 10^{-6}$ .

**Noma'lum:**  $K_p = ?$ ;  $\Delta G_T = ?$

**Yechish:** Oda berilgan  $\Delta H_{298}^0$  va  $S_{298}^0$  qiymatlar tubandagicha:

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{CO}}^0 &= -110,5 \text{ kJ mol}; & S_{\text{CO}}^0 &= 197,4 \text{ J mol} \\ \Delta H_{\text{Cl}_2}^0 &= 0 \text{ kJ mol}; & S_{\text{Cl}_2}^0 &= 223 \text{ J mol} \\ \Delta H_{\text{COCl}_2}^0 &= -223 \text{ kJ mol}; & S_{\text{COCl}_2}^0 &= 289,2 \text{ J mol} \end{aligned}$$

Shu berilgan qiymatlar asosida, kimb. Gess qomini bo'yicha reaksiyaning  $\Delta H^0$  va  $S^0$  lari hisoblanadi.

$$1) \Delta H_{r\text{-ya}}^0 = \Delta H_{\text{max}}^0 - \Delta H_{\text{reag}}^0 = -223 - (-110,5) = -112,5 \text{ kJ.}$$

$$2) S_{r\text{-ya}}^0 = S_{\text{max}}^0 - S_{\text{reag}}^0 = 289,2 - 197,4 + 223 = -131,2 \text{ kJ,}$$

3) (II.74) formuladan izobarik potensialni o'zgarish qiymati hisoblanadi:

$$\begin{aligned} \Delta G_{298}^0 &= \Delta H^0 - T \cdot \Delta S^0 = -112,5 - 298 \cdot -0,1312 ; \\ \Delta G_{298}^0 &= -73,4 \text{ kJ mol}; \end{aligned}$$

4) (II.66) formuladan  $K_p$  hisoblanadi

$$\Delta G_T^0 = \Delta G_{P,T} = -RT \ln K_p + RT \ln P^{\Delta a} \text{ dan}$$

$$\lg K_p = 2,303 \cdot \lg P^{\Delta a} - \frac{\Delta G_T^0}{2,303RT} \text{ bo'ladi}$$

$$\lg K_p = 2,303 \cdot \lg \frac{1}{101625} - \frac{-73400}{2,303 \cdot 8,314 \cdot 298} = -11,5311 + 12,8639$$

$$\lg K_p = 1,33287; K_p = 21,521472.$$

**4- misol.** 400 K da formaldegidning hosil bo'lish tenglamasi  $H_2 + CO \rightleftharpoons CH_2O$ , reaksiyaning Gibbs energiyasining standart qiymati 34300 J/mol ga teng. Hajmi 2000 l bo'lgan sistemaga 100 mol  $H_2$  va 120 mol  $CO_2$  gazlari yuborilgach muvozanat qaror topadi. Jarayonda ishtirok etayotgan moddalarni ideal gaz deb faraz qilib, muvozanat holatidagi aralashmaning tarkibini aniqlang.

**Berilgan:**  $T = 400 \text{ K}; \Delta G = 34300 \text{ J/mol}; V = 2000 \text{ l}$

$$c_{H_2}^0 = 100 \text{ mol}, c_{CO}^0 = 120 \text{ mol}$$

**Noma'lum:**  $\Delta c_{H_2} = 100 - x; \Delta c_{CO} = 120 - x; \Delta c_{CH_2O} = x$

**Yechish:** 1) Muvozanat holatidagi aralashmaning tarkibini aniqlash uchun muvozanat konstantasi  $K_c$  aniqlanadi.  $\Delta G_T = -RT \ln K_p$  asosida  $K_c$  topiladi. bundan

$$\lg K_c = -\frac{\Delta G_T}{2,303 RT} = -\frac{34300}{2,303 \cdot 8,314 \cdot 400} = -4,4785$$

$$K_c = 3,323 \cdot 10^{-5}.$$

2)  $K_c = \frac{c_{CH_2O}}{c_{H_2} \cdot c_{CO}}$  dan muvozanat holatidagi moddalarning konsentratsiyasi hisoblanadi. Masala shartida sistemaning hajmi berilgan bo'lgani uchun konsentratsiyalar quyidagicha belgilab olinadi:

$$\Delta c_{H_2} = \frac{100-x}{2000}; \Delta c_{CO} = \frac{120-x}{2000}; \Delta c_{CH_2O} = \frac{x}{2000}$$

Qiymatlari yuqoridagi formulaga qo'yiladi:

$$K_c = \frac{\frac{x}{2000}}{\frac{100-x}{2000} \cdot \frac{120-x}{2000}}; 3,323 \cdot 10^{-5} = \frac{\frac{x}{2000}}{\frac{100-x}{2000} \cdot \frac{120-x}{2000}} \text{ dan}$$

$$3,323 \cdot 10^{-5} \cdot 2000 = \frac{x}{100-x \cdot 120-x} \text{ dan kvadrat tenglama}$$

kelib chiqadi va uni diskriminanti topiladi:

$$-0,06646x^2 - 15,6212x + 797,52 = 0$$

$$D = 425,792; x_1 = 45,24; x_2 = -265,24$$

$x = 43,14$  kelib chiqadi.

$$3) c_{H_2} = 100 - 43,14 = 56,86 \text{ mol,}$$

$$c_{CO} = 120 - 43,14 = 76,86 \text{ mol.}$$

$$c_{CH_2O} = x = 43,14 \text{ mol.}$$

### Masalalar

214.  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ , shu reaksiyani 884 K dagi muvozanat konstantasi  $K_p=1$  ga teng bo'lib, muvozanat holatidagi gazlar aralashmasida (% jihatidan) 24 -  $CO$ , 18 -  $H_2O$ ; 46 -  $CO_2$  va  $H_2$  bo'lsa, shu ko'rsatilgan sharoitda reaksiya qanday yo'nalishda boradi?

215.  $CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$  reaksiyani 298 K dagi muvozanat konstantasi  $K_c = 4$  ga teng, 50 g sirka kislota, 27 g spirt, 37 g efir va 54 g suv aralastirilganida reaksiya qaysi tomonga boradi?

216.  $C + O_2 \rightleftharpoons CO_2$ , shu reaksiyani 1300 K dagi muvozanat konstantasi  $10^{15}$  ga teng bo'lsa, reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning konsentratsiyasini o'zgarimas deb faraz qilib, uglerodning kislorodga bo'lgan kimyoviy moyilligi - izoxorik potensial energiyasining o'zgarish qiymati yordamida aniqlang.

217.  $4HCl + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + 2Cl_2$ , shu reaksiyani 525 K dagi muvozanat konstantasi  $K_p=4,84 \cdot 10^{-3}$  ga teng. Dastlabki va oxirgi moddalarning bosimlari bir hil (101325 Pa). Reaksiyaning izobarik potensialini o'zgarishi qanday bo'ladi?

218.  $SO_2 + Cl_2 \rightleftharpoons SO_2Cl_2$ , shu reaksiyaning 464 K dagi muvozanat konstantasi  $K_p = 7.5 \cdot 10^{-7}$  ga teng. Dastlabki va oxirgi moddalarning konsentratsiyalari 1 ga teng bo'lsa, reaksiyaning izoxorik potensialini o'zgarishi (J) qanday bo'ladi?

219. Ilovadagi 10-jadvaldan berilgan moddalarning  $\Delta H^0$  va  $S^0$  qiymalaridan foydalanib,  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  reaksiyaning 298 K va normal bosimdagi muvozanat konstantasi  $K$  ni aniqlang.

220. 10-jadvaldan berilgan moddalarning  $\Delta H^0$  va  $S^0$  qiymalaridan foydalanib,  $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$  reaksiyaning 298 K va normal bosimdagi muvozanat konstantasi  $K$  ni aniqlang.

221.  $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ , shu reaksiyani 298 K va normal bosimdagi izobarik potensialining o'zgarishini, o'nda berilgan moddalarning  $\Delta H^0$  va  $S^0$  qiymatlaridan foydalanib aniqlang.

222. Bosim 303975 Pa bo'lgan 1 mol  $CO$ , bosimi 20265 Pa bo'lgan 1 mol  $Cl_2$  va bosimi 50662 Pa bo'lgan 1 mol  $COCl_2$  gazlari aralashmasini 600 K da muvozanat konstantasi  $K_p = 1,678 \cdot 10^{-6}$  ga teng. Reaksiya tenglamasi:  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$ . Shu jarayonning izobarik potensialini o'zgarishi qanday bo'ladi?

223.  $NO_2 + SO_2 \rightleftharpoons NO + SO_3$ , shu reaksiya 298 K va normal bosimda boradi. O'nda berilgan moddalarning  $\Delta H^0$  va  $S^0$  qiymatlaridan foydalanib, reaksiyaning muvozanat konstantasini aniqlang.

## 11. Kimyoviy muvozanat konstantasining haroratga bog'liqligi.

### Muvozanatni siljishi. Le-Shatele – Braun prinsipi

Kimyoviy muvozanat sistemadagi reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasi, harorat, bosimga (sistemada gazlar ishtirok etsa) bog'liq bo'ladi. Shu omillardan birortasi o'zgarsa muvozanat o'zgaradi, ya'ni u o'ngga yoki chapga siljiydi. Muvozanat siljiganida, albatta, konsentratsiyalar o'zgaradi. Berilgan haroratda konsentratsiyalarning o'zgarishi, konsentratsiyalar ko'paytmasi orasidagi nisbat, ya'ni muvozanat konstantasi o'zgarmas bo'lib qolguncha davom etadi. Barqaror muvozanat holatini Le–Shatele prinsipiga muvofiq, sistemaning harorati, bosimi va reaksiyaga kirishayotgan moddalarning konsentratsiyasini

o'zgarishi bilan xohlagan tomonga siljitish mumkin. Reaksiyaga kirishayotgan moddalarni konsentratsiyasi oshirilsa, reaksiya mahsuloti ham ortadi yoki dastlabki moddalar miqdori kamaytirilsa, mahsulot ham kamayadi.

Harorat (jarayonning turiga qarab) reaksiya tezligiga ta'sir qiladi. Issiqlik yutilishi bilan boradigan jarayonlarda harorat ko'tarilganida reaksiya tezligi ortadi. Gazlar ishtirokida boradigan reaksiyalarda bosim ortishi bilan reaksiya tezligi ortadi. Chunki bosim ta'sirida, aktivlanish energiyasiga ega bo'lgan molekullarning o'zaro to'qnashuvi ortadi. natijada reaksiya mahsulot hosil bo'lish tomonga borib, uning tezligi ortadi.

Agar jarayonda hajm o'zgarmasa, muvozanat siljishiga harorat ta'siri quyidagi izoxorik tenglama bilan ko'rsatiladi:

$$\frac{d \ln K_c}{dT} = - \frac{Q_V}{RT^2} \quad (\text{II.75})$$

izobarik reaksiya uchun

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = - \frac{Q_p}{RT^2} \quad (\text{II.76})$$

bunda:  $K_c$  va  $K_p$  – muvozanat holatidagi moddalar konsentratsiyasi yoki parsial bosimlar bilan ifodalangan konstantalar;

$Q_V$  va  $Q_p$  – kimyoviy reaksiyaning o'zgarmas hajm va o'zgarmas bosimdagi issiqlik samarasi;

$T$  – harorat, K;

$R$  – universal gaz doimiysi – 8,314 J/molK.

(II.72 va II.73) formulalarni  $T_1$  va  $T_2$  haroratlar intervalida integrallab ( $Q_V$  va  $Q_p$  doimiy bo'lganida), quyidagi bog'lanishni hosil qilish mumkin:

$$K_p = K_n \frac{RT}{V}^n \quad (\text{II.77})$$

bunda:  $n$  – kimyoviy reaksiyada ishtirok etayotgan gazlarning stexiometrik koeffitsiyentlarini algebraik yig'indisi.

Agar reaksiyada gaz molekullarining soni o'zgarmasa, ya'ni  $n=0$  bo'lsa, u vaqtda  $K_p=K$ , va  $K_p=K_n$ , shuningdek,  $K_p=K_s=K_n=K$  bo'ladi.

Geterogen sistemalar uchun muvozanat konstantasini ifodalashda massalar ta'siri qonunidan biroz chetga chiqiladi. Chunki geterogen sistemalarda ishtirok etayotgan qattiq moddalar o'zgarmas bosimga ega bo'ladi. Suyuq moddalarning bosimi esa unchalik katta o'zgarishga uchramaydi, ya'ni keskin o'zgaradimaydi. gazlarda esa bosim keskin o'zgaradi. Bunday sistemalarning muvozanat konstantasini hisoblash uchun sistemadagi gaz molekularining parsial bosimi hisobga olinadi

Geterogen sistemani muvozanat konstantasi  $K_p$ ,  $K_c$  va  $K_n$  lar bilan ifodalanadi.

Masalan,  $3Fe + 4H_2O_{(b)} \rightleftharpoons Fe_3O_{4(q)} + 4H_{2(g)}$  o'zgarmas haroratda reaksiyada ishtirok etayotgan Fe va  $Fe_3O_4$  lar o'zgarmas bug' bosimga ega, ular uchun  $\sum n=0$ .

Shuning uchun

$$K_p = K_c = K_n \frac{c_{H_2}^4}{c_{H_2O}^4} = \frac{P_{H_2}^4}{P_{H_2O}^4} = \frac{n_{H_2}^4}{n_{H_2O}^4} \quad (II.78)$$

Reaksiyaning muvozanat konstantasini nazariy va tajribadan olingan ma'lumotlar asosida topiladi.

Murakkab reaksiyalarning muvozanat konstantasini ham hisoblash mumkin. Buning uchun murakkab reaksiyaning oxirgi (mahsulot) bosqichiga qadar boradigan har bir oraliq reaksiyaning (bosqichlarni) muvozanat konstantasi aniqlanadi. Oraliq reaksiyalarning muvozanat konstantalarini ko'paytmasi murakkab reaksiyaning umumiy muvozanat konstantasini ko'rsatadi:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n. \quad (II.79)$$

Agar reaksiyaning issiqlik samarasi va biror haroratdagi muvozanat konstantasi ma'lum bo'lsa, boshqa haroratdagi  $K$  ni ham aniqlash mumkin. Agar jarayon katta haroratlar oralig'ida olib borilsa, Kirxgof qonuni asosida keltirilib chiqarilgan (II.41) formulani, reaksiyaning issiqlik samarasini haroratga bog'liqlik tenglamasi (II.76) ga qo'yib ishlab chiqilsa,  $K_p$  uchun

$$\ln K_p = \frac{\Delta H^0}{RT} + \frac{\Delta a}{R} \cdot \ln T + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta b \cdot T}{R} + \frac{1}{6} \cdot \frac{\Delta c \cdot T^2}{R} - \frac{\Delta c}{2RT^2} + B$$

tenlama kelib chiqadi yoki buni umumiy ko'rinishida quyidagicha

$$\lg K_p = \frac{A}{T^2} + \frac{B}{T} + c \lg T + DT + ET^2 + K \quad (\text{II.80})$$

yoziish mumkin.

**1 – misol.**  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ , shu reaksiya muvozanat holatida bo'lganida aralashma tarkibida 0,3 mol  $N_2$ ; 0,9 mol  $H_2$  va 0,4 mol  $NH_3$  borligi ma'lum. Agar bosim 7 marta oshirilsa, to'g'ri va teskari reaksiyalar tezligi qanday o'zgaradi va muvozanat qaysi tomonga siljiydi?

**Berilgan:**  $c_{N_2}=0,3$  mol;  $c_{H_2}=0,9$  mol;  $c_{NH_3}=0,4$  mol.  $P=7$  marta ko'p.

**Noma'lum:**  $V_1=?$ ;  $V_2=?$ ;  $K=?$

**Yechish:**

- I. 1)  $V_1 = K_1 \cdot N_2 \cdot H_2^3 = K_1 \cdot 0,3 \cdot 0,9^3 = 0,2187K_1$   
 2)  $V_1' = 7 \cdot K_1 \cdot N_2 \cdot H_2^3 = K_1 \cdot 7 \cdot 0,3 \cdot 0,9^3 = 1,5309K_1$   
 3)  $\Delta V_1 = \frac{V_1'}{V_1} = \frac{1,5309K_1}{0,2187K_1} = 7$ .
- II. 1)  $V_2 = K_2 \cdot NH_3^2 = K_2 \cdot 0,4^2 = 0,16K_2$ .  
 2)  $V_2' = 7 \cdot K_2 \cdot NH_3^2 = K_2 \cdot 7 \cdot 0,4^2 = 1,12K_2$ .  
 3)  $\Delta V_2 = \frac{V_2'}{V_2} = \frac{1,12K_2}{0,16K_2} = 7$ .  
 4)  $K = \frac{K_2}{K_1} = \frac{7}{7} = 1$ .

*Demak, to'g'ri va teskari reaksiyalar tezligi bir xilda ortadi.  
 $K=const$ .*

### Masalalar

224. Quyidagi reaksiyalar muvozanat holatida:  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 92,18$  kJ;  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 - 56,98$  kJ;  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 181$  kJ;  $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons H_2O_{(s)} + 285,84$  kJ. Agar harorat va bosim pasaytirilsa, muvozanat qaysi tomonga siljiydi?
225. Quyidagi sistemalar muvozanat holatida bo'lsa,  $4HCl + O_2 \rightleftharpoons 2H_2 + 2Cl_2$ ;  $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ ;  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ ;  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ . bosim oshirilganda muvozanat qaysi tomonga siljiydi?

226. Quiydagi sistemalarda:  $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 176,8 \text{ kJ}$ ;  $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO - 160,5 \text{ kJ}$ ;  $2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2 + 566,9 \text{ kJ}$ , qaysi omillarni o'zgartirish bilan muvozanatni siljitish mumkin?

227. Harorat va bosimni o'zgartirish bilan quyidagi sistemalarda  $2CO + O_2 \rightleftharpoons 2CO_2 + 566,9 \text{ kJ}$ ;  $2H_2S \rightleftharpoons 2H_2 + S_2 - 41,9 \text{ kJ}$ ;  $2CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4 + CO_2 + Q$ ;  $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3-OH + 113,13 \text{ kJ}$ . muvozanatni qaysi tomonga siljitish mumkin?

228. Quiydagi reaksiyani hajmi 4 marta kamaytirilsa  $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ , muvozanat qaysi tomonga siljiydi?

229. Fosgen sintezida:  $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$ . muvozanat holatida konsentratsiyalar quyidagicha:  $Cl_2$  0.2 mol,  $CO$  0.1 mol, fosgen 2 mol miqdorda bo'ladi. Agar bosim 10 marta oshirilsa, to'g'ri va teskari reaksiyalarning tezligi qanchaga o'zgaradi?

230.  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  reaksiya uchun  $K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}}$  0°C da  $1.56 \cdot 10^3$ , 291 K da  $7.35 \cdot 10^4$  ga teng bo'lsa, shu reaksiyaning 298 K da muvozanat konstantasi qanchaga teng bo'ladi?

231.  $SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons SO_3$  reaksiya uchun 900 K da  $K_p = 2.043 \cdot 10^{-2}$ , 950 K da  $K_p = 1.062 \cdot 10^{-2}$  ga teng bo'lsa, shu reaksiyani 930 K da muvozanat konstantasi qanday bo'ladi?

232. Ilovadagi 10-jadvalda berilgan  $\Delta H_{298}^0$  va  $S_{298}^0$  qiymatlaridan foydalanib,  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ , reaksiyaning 298 K va normal bosimdagi  $K_p$  sini aniqlang.

233. 10-jadvalda berilgan  $\Delta H_{298}^0$  va  $S_{298}^0$  qiymatlaridan foydalanib,  $NO_2 + SO_2 \rightleftharpoons NO + SO_3$ , reaksiyaning 298 K va normal bosimdagi muvozanat konstantasini aniqlang.

234. 930 K da,  $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ . shu reaksiyaning muvozanat konstantasi  $K_p = 1$  ga teng va gazlar aralashmasida 24%  $CO$ , 18%  $H_2O$ , 46%  $CO_2$  va 12%  $H_2$  bo'lsa, reaksiya qaysi tomonga boradi?

235. 298 K da  $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3-COO-C_2H_5 + H_2O$  reaksiyani  $K_c = 4$  ga teng. Shu sistemada 50 g sirka kislota, 27 g spirt, 37 g efir va 54 g suv aralashirilganda reaksiya qaysi tomonga boradi?



236. 273 K da  $K_{p_1} = 1,56 \cdot 10^3$  va 291.3 K da  $K_{p_2} = 7,35 \cdot 10^3$  bo'lgan  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  reaksiyaning 298 K da muvozanat konstantasi qancha bo'ladi?

237. 900 K da  $K_{p_1} = 2,043 \cdot 10^{-2}$ , 950 K da  $K_{p_2} = 1,062 \cdot 10^{-2}$  bo'lgan  $SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons SO_3$  reaksiyaning 930 K da muvozanat konstantasi nechaga teng bo'ladi?

238.  $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH + 113,13$  kJ, shu reaksiyani 400 K da  $\lg K_p = -10,41$  bo'lsa, 500 K da  $K_p$  si qanday bo'ladi?

239. Issiqlik samarasi 16.8 kJ bo'lgan quyidagi:  $HgCl_2 + 2KBr \rightleftharpoons HgBr_2 + 2KCl$ , reaksiyani 500 K va 600 K haroratlardagi muvozanat konstantasi orasidagi nisbat qanday bo'ladi?

240.  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 92,51$  kJ, shu sistema uchun 823 K va  $1,013 \cdot 10^7$  Pa bosimda  $K = 7,144 \cdot 10^{-14}$  bo'lsa, 850 K da  $K_p$  qanday bo'ladi?

241.  $SO_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons SO_3 + 94,27$  kJ, shu reaksiya uchun 1000 K da  $K_p = 5,845 \cdot 10^{-3}$  bo'lsa, 975 K da shu reaksiyani  $K_c$  qancha bo'ladi?

242.  $2CO \rightleftharpoons C + CO_2$ , shu reaksiyani 1000 K dagi  $K_p = 8,1 \cdot 10^{-8}$ ,  $Q_p = 109,5$  kJ/mol bo'lsa, 1060 K da shu reaksiyani  $K_c$  qanday bo'ladi?

243.  $CH_2O_{(g)} + H_2 \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$ , shu reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning yonish issiqligini 9-jadvaldan va  $S^0$  qiymatini ilovadagi 10-jadvaldan olib, 500K dagi  $K_p$  sini aniqlang. 400K dagi  $K_p$  si = 0,475.

244.  $CO_{(g)} + SO_{3(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + SO_{2(g)}$ , shu reaksiyaning issiqlik samarasi  $-184,8 \cdot 10^3$  J/mol, standart entropiya qiymatining o'zgarishi 8.18 J/mol·K ga teng. Moddalarning issiqlik sig'imi doimiy bo'lsa, reaksiyani 298 K va 400 K lardagi muvozanat konstantalari qanday bo'ladi?

245. Gibbs energiyasining haroratga bog'liqligi, oddiy moddalardan  $Pb_{(s)} + Cl_2 \rightleftharpoons PbCl_{2(s)}$  ni hosil bo'lish reaksiyasi quyidagi empirik tenglamada ifodalangan:  
$$\Delta G = -368000 - 48,6 \ln T + 0,126 \cdot 10^{-3} T^2 - 142500 \frac{1}{T} + 477 \cdot T.$$
 Shu reaksiyaning 800 va 900 K haroratlar uchun muvozanat konstantasini aniqlang.

### III-bob. Fazalar muvozanati

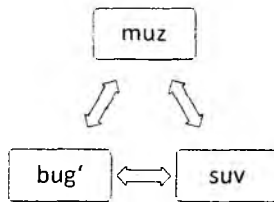
#### 1. Fazalar qoidasi. Fazalarning holat diagrammalari asosida hisoblashlar

Muvozanat holatidagi geterogen sistemalarda faza ( $\Phi$ ), komponentlar soni ( $K$ ) va erkinlik darajasi ( $f$ ) orasidagi o'zaro bog'liqlik quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$f = K - \Phi + 2, \quad (\text{III.1})$$

bunda: 2–sistemadagi parametrlar soni ( $p, T$ )

(III.1) formula fazalar qoidasining mohiyatini o'rgatib, bir necha faza va bir necha komponentdan iborat sistemada muvozanat sodir bo'lishi sabablarini tushuntirib beradi. Masalan, bir komponentdan iborat uch fazali sistema (suv) muvozanatda bo'lganida:



ko'rinishida yoziladi. Uchala faza ustidagi bug' bosimi teng va harorat  $+0,01^{\circ}\text{C}$  bo'lganida sistema muvozanat holatida bo'ladi. Bosim yoki harorat qisman o'zgarsa, bir komponentdan iborat uch fazali sistema bir komponentli ikki fazali sistemaga aylanadi.

Fazalar qoidasi yordamida, muvozanat holatidagi sistemada fazalar va o'zgaruvchan parametrlar ( $p, T$  va  $s$ ) sonini aniqlash mumkin.

O'zgarmas bosimda, ya'ni qattiq va suyuq fazalardan iborat sistemalar uchun o'zgaruvchan parametrlar soni bittaga kamayganida fazalar qoidasini formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$f = K - \Phi + 1 \quad (\text{III.2})$$

Xossalariга ko'ra sistemalar ikki xil bo'ladi: a) agar sistemada komponentlar o'zaro ta'sirlashmasa, bunday sistemalar fizik sistema; b) agar komponentlar o'zaro tasirlashsa, bunday sistemani *kimyoviy sistema* deb ataladi.

Fizik sistemalarda barcha komponentlar soni o'zaro ta'sirlashmaydigan komponentlar soniga teng. Kimyoviy sistemadagi komponentlarning umumiy sonidan o'zaro ta'sirlashadigan komponentlar soni ayirilsa, ta'sirlashmaydigan komponentlar soni ma'lum bo'ladi.

Fazalar muvozanatini o'rganishda fizik-kimyoviy analiz usulidan foydalaniladi. Buning uchun tajribada sistemadagi komponentlarning kimyoviy tarkibi va xossalari aniq bo'lishi kerak.

**1-misol.** Quyidagi tarkibga ega bo'lgan sistemelarning erkinlik darajasi hisoblansin: a) *NaCl* va *KCl* eritmasi, eritmada ikkala tuzning kristallari va suv bug'i; b) ikkala tuz eritmasi, muz, *NaCl* va *KCl* kristallari va suv bug'i; d) ikkala tuz eritmasi, muz va suv bug'i.

**Yechish:** *NaCl*, *KCl* va suv molekulari orasida kimyoviy ta'sir bo'lmagani uchun komponentlar soni sistemaning tarkibiy qismiga teng bo'ladi, ya'ni  $K=3$ . Har uchala (*a, b, v*) holda ham (III.1) asosida sistemaning erkinlik darajasi (*f*) aniqlanadi. a) suyuqlik, suv bug'i va ikkita qattiq (*NaCl* va *KCl*) modda muvozanatda bo'lganida  $\Phi = 3$  bo'ladi. Bunda:  $f = K - \Phi + 2 = 3 - 3 + 2 = 2$  ga teng.

Demak, bu sistema bivariantli;

b) suv bug'i, suyuq eritma, muz va ikkala tuz (*NaCl* va *KCl*) kristallari muvozanat holatida turganida  $\Phi = 4$ .  $f = 3 - 4 + 2 = 1$  bo'ladi.

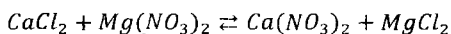
Sistema monovariantli.

d) ikkala tuz eritmasi, suv bug'i va muz muvozanat holatida  $\Phi=3$ .

Bunda  $f = 3 - 3 + 2 = 2$ , bu sistema bivariantli bo'ladi.

Sistemaning haroratini va ikkita tuzdan birortasining konsentratsiyasini o'zgartirib, uning erkinlik darajasini o'zgartirish mumkin.

**2 – misol.**  $\text{CaCl}_2$  va  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  tuzlarini suyuqlantirilganida reaksiya borishi mumkin:



Tuzlar suyuqlanmasi magniy nitrat kristallari bilan muvozanatda bo'lganida sistemaning erkinlik darajasi nechaga teng bo'ladi?

**Yechish:** *Mustaqil komponentlar soni aniqlanadi. Buning uchun berilgan sharoitda umumiy komponentlar sonidan kimyoviy reaksiya soni ayiriladi:*

$$K = 4 - 1 \text{ r - ya} = 3$$

$\Phi = 2$  – suyuqlanma va magniy nitrat kristallari;

$\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  va  $\text{MgCl}_2$  tuzlari bug'lanmaydi.

Shuning uchun bunday sistema kondensatlangan sistema deyiladi.

Fazalar qoidasi asosida sistemaning erkinlik darajasi aniqlanadi:

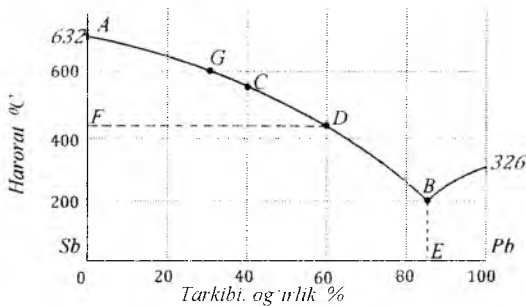
$$f = K - \Phi + 1 = 4 - 2 + 1 = 3$$

Demak, sistema uchvariantlidir.

**3 – misol.** *Sb–Pb* ning holat diagrammasidan foydalanib, tarkibida 40% qo'rg'oshin bo'lgan 3 kg suyuq qotishma 430°C gacha sovutilganida qancha miqdorda surma kristallga tushadi?

**Yechish:** Tarkibida 40% qo'rg'oshin bo'lgan suyuq qotishma 430°C gacha sovutilganida surma kristallga tushib, qo'rg'oshin miqdori 60% gacha ortadi.

Holat diagrammasida  $G$  punktir chiziq  $G$  va  $D$  nuqta surmaning to'liq kristallga tushganini izohlaydi. Kristallga tushgan surmaning massasi  $g_1$ , suyuq qotishmaning massasi  $g_2$  deb olinsa, richag qoidasi bo'yicha kristallga tushgan  $g_1$  ning suyuq qotishma  $g_2$  ga nisbati holat diagrammasidagi  $CD$  kesmaning  $FD$  ga nisbati teng bo'ladi:  $\frac{g_1}{g_2} = \frac{CD}{FD}$  bundan  $g_1 = g_2 \frac{CD}{FD}$



**1-rasm. Sb–Pb sistemasining holat diagrammasi**

1-rasmdan ma'lumki,  $FD=60$  sm,  $CD=60-40=20$  sm bo'ladi.

$$U \text{ vaqtida } g_1 = 3 \cdot \frac{20}{60} = 1 \text{ kg.}$$

Demak, tarkibida 40 % qo'rg'oshin bo'lgan suyuq qotishma 430°C gacha sovutilganida 1 kg surma kristallga tushadi.

**4- misol.** Surma va qo'rg'oshinning suyuq evtetik qotishmasi tarkibida 13% surma (1-rasm) bo'ladi. Tarkibida 10 % surma bo'lgan 10 kg suyuq

qotishma to'liq kristallga aylanguncha sovutilganida evtetik nuqtada, qaysi metall dan qancha miqdorda kristall hosil bo'ladi?

**Yechish:** *Qotishma tarkibida 10% surma, 90% qo'rg'oshin bor bo'lsa, 10 kg suyuq qotishma tarkibidagi har bir metallning miqdori aniqlanadi:*

$$Pb = 10 \cdot 0,9 = 9 \text{ kg.}$$

$$Sb = 10 \cdot 0,1 = 1 \text{ kg.}$$

*Suyuq qotishma tarkibida surma miqdori oz bo'lgani uchun evtetik haroratda surmaning hammasi kristallga aylanadi. Shunga asoslanib evtetika massasi hisoblanadi. 100 kg evtetik qotishmada 13 kg Sb bo'lsa, quyidagi proporsiya tuziladi:*

$$13 : 1 = 100 : x \text{ bundan } 7,6923 \text{ kg.}$$

*Bu yerda (7,69) evtetikaning massasi.*

*Demak, evtetika tarkibida 2,3076 kg (10 - 7,6923) qurg'oshin bo'ladi.*

### Masalalar

246. Muvozanat holatidagi bir va ikki komponentli sistemalar berilgan. Shu sistemalardagi faza va erkinlik darajasining maksimum sonlari qanday bo'ladi?

247. Uch komponentli sistema muvozanat holatida nechta faza va erkinlik darajasiga ega bo'ladi?

248. Quyidagi tarkibga ega bo'lgan: a)  $Na_2SO_4$  eritmasi, suv bug'i va muz kristallari; b)  $Na_2SO_4$  eritmasi,  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  kristallari, suv bug'i va muz kristallari; d)  $Na_2SO_4$  eritmasi, natriy sulfat kristallgidrati va suv bug'i; e)  $Na_2SO_4$  eritmasi va suv bug'idan iborat sistemaning erkinlik darajasi nechaga teng bo'ladi?

249. Quyidagi sistemalarning: a)  $S_{romb.} \rightleftharpoons S_{monoklin.} \rightleftharpoons S_{bug'i}$ ; b)  $S_{romb.} \rightleftharpoons S_{monoklin.} \rightleftharpoons S_{suyuq}$ ; v)  $S_{suyuq} \rightleftharpoons S_{bug'i}$ ; g)  $S_{romb.}$  ning erkinlik darajasini

aniqlang.  $S_{romb.} \rightleftharpoons S_{monoklin.} \rightleftharpoons S_{suyuq} \rightleftharpoons S_{bug'}$  ko'rinishda muvozanat bo'lishi mumkinmi?

250. Quyidagi sistemalarning  $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$ ;  $2FeO \rightleftharpoons 2Fe + O_2$  erkinlik darajasini aniqlang.

251.  $KNO_3$  va  $NaCl$  tuzlari suvda eritilganida reaksiya borishi mumkin:  $KNO_3 + NaCl \rightleftharpoons NaNO_3 + KCl$ . Eritmada  $KNO_3$ ,  $NaCl$  molekulari,  $KNO_3$  kristallari va suv bug'i bo'lgan sistemaning erkinlik darajasini aniqlang.

252.  $Sb-Pb$  sistemaning holat diagrammasidan (1-rasm) tarkibida 25% qo'rg'oshin bo'lgan 10 kg suyuqlanma 573 K gacha sovutilganida qancha miqdorda surma kristallga tushadi?

253.  $o$ -ksilol –  $m$ -ksilol sistemasining holat diagrammasidan tarkibida 30%  $m$ -ksilol bo'lgan 1 kg  $o$ -ksilol va  $m$ -ksilol aralashmasi 223 K gacha sovutilganida ksilolning qaysi izomeridan qancha kristallga tushadi?

## 2. Bir komponentli sistemalarda fazalar muvozanati

Bir komponentli sistemalarda fazalar muvozanatining qanday omillarga bog'liqligi Klayperon – Klauzius tenglamasi asosida o'rganiladi:

$$\Delta H_{f.o.} = T \frac{dP}{dT} \Delta V, \quad (III.3)$$

bunda:  $\Delta H_{f.u.}$  – muvozanat sharoitidagi fazalar o'zgarishi (bug'lanish, suyuqlanish, kristallanish, sublimatlanish, allotropik shakl o'zgarish) entalpiyasi;

$T$  – harorat;

$\frac{dP}{dT}$  – bug' bosimini haroratga bog'liqlik ifodasi;

$\Delta V$  – muvozanat holatidagi fazalarning molyar hajmlari orasidagi farq.

Bug'lanish va sublimatlanish jarayonlari uchun bu tenglamadagi  $\Delta V$  o'rniga molyar hajmlar ayirmasi qo'yilsa, (3.III) formula quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\Delta H_b = V_{bug'} - V_{suyuq} \cdot T \frac{dP}{dT}. \quad (III.4)$$

Kritik haroratdan yuqori haroratda  $V_g \gg V_l$ , yoki  $V_{bug'} = \frac{RT}{P}$  bo'lgani uchun  $V_{bug'} - V_{suyuq} \approx V_{bug'}$ . qilib yoziladi.

Masalan, 1 mol suv kritik qaynash haroratidan yuqori haroratda 22400 ml xajmini egallaydi. SHuning uchun  $V_{bug'} = V_{bug'} - V_{suyuq} = 22400 - 18 = 22382 = 22400$  ml deb olinadi.

SHuni hisobga olib, (III.4) formula quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta H_{bug'} = \frac{d \ln P}{dT} \cdot RT^2. \quad (III.5)$$

Agar  $\Delta H_{bug'}$  haroratga bog'liq bo'lmaydi deb, (III.5) integrallansa,  $\Delta H_{bug'}$  ning  $P$  va  $T$  bilan bog'liqligini ifodalovchi quyidagi formula hosil bo'ladi:

$$\lg \frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_b}{2.303R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1}. \quad (III.6)$$

Sublimatlanish, suyuqlanish va bug'lanish issiqliklari fazalar diagrammasini uchala nuqtasida quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta H_{sub} + \Delta H_{bug'} - \Delta H_{suyuq}. \quad (III.7)$$

Ko'pgina moddalarni normal qaynash haroratidagi bug'lanish issiqligi Truton formulasidan taqriban hisoblanadi:

$$\frac{\Delta H_{bug'}}{T_{n.q.t.}} = 21,3 \text{ kal yoki } \frac{\Delta H_{bug'}}{T_{n.q.t.}} = 89,1 \text{ J}. \quad (III.8)$$

YOki aniqroq qilib Kistyakovskiy tenglamasi asosida hisoblash mumkin:

$$\frac{\Delta H_{bug'}}{T_{qay}} = 8,75 + 4,571 \lg L T_{qay}, \quad (III.9)$$

bunda:  $T_{qay}$  – normal bosimdagi moddaning qaynash harorati ( $K$  bo'yicha).

Bug'lanish issiqligining haroratga bog'liqligi Kirxgof tenglamasi asosida  $\Delta H_{T_2} = \Delta C_p dT + \Delta H_{T_1}$  hisoblanadi:

$$\Delta H_{b(T_2)} = \Delta H_{0(T_1)} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT \text{ yoki } \Delta H_{b(T_2)} = \Delta H_0 + \Delta C_p dT. \quad (III.10)$$

bunda:  $\Delta C_p$ – muvozanat holatidagi fazalarning issiqlik sig'imi orasidagi ayirma;

$\Delta H_0$ – integrallanish konstantasi.



$\Delta C_p = C_{\text{bug}} - C_{\text{suyuq}} = \text{const}$  deb faraz qilinsa, (III.5 va III.10) formulalarni integrallab, quyidagi tenglama hosil qilinadi:

$$\lg P = -\frac{\Delta H_0}{2,303RT} + \frac{C_p}{RT} \cdot T + \text{const}. \quad (\text{III.11})$$

(III.10) formuladagi  $\Delta C_p$  va  $T$  qiymatlari malum bo'lsa, integrallanish konstantasi  $\Delta H_0$ ni hisoblash mumkin. Agar  $p$  va  $\Delta C_p$  qiymatlari ma'lum bo'lsa, (III.11) dan  $\text{const}$  qiymatini ham aniqlash mumkin.

**1- misol.** Uchlamchi nuqta haroratida (234,3 K) suyuq va qattiq holatdagi simobning suyuqlanish issiqligi 11,792 J/g, zichligi 13.690 g/sm<sup>3</sup> va 14,193 g/sm<sup>3</sup> bo'lsa, suyuqlanish harorati 235,33 K da sistema qanday bosimga ega bo'ladi?

**Berilgan:**  $T_1=234.3$  K;  $T_2=235,33$  K;  $A_{Hg}=200.59$ ;  $\Delta H_{\text{suyuq}}=11,792$  J/g;  
 $\Delta H_{\text{suyuq}}^0 = \Delta H_{\text{suyuq}} \cdot M = 11,792 \cdot 200,59 = 2365.356$  J/mol = 2,365 kJ/mol;  $\rho_{Hg_c} = 13.960$  g/sm<sup>3</sup>;  $\rho_{Hg_k} = 14.193$  g/sm<sup>3</sup>.

**Noma'lum:**  $p=?$

**Yechish:** 1)  $\Delta V = \frac{1}{\rho_{Hg_{\text{suyuq}}}} - \frac{1}{\rho_{Hg_{\text{qattiq}}}} = \frac{1}{13,960} - \frac{1}{14,193} = 0,0012$  ml.

2)  $\frac{dp}{dt} = \frac{\Delta H_{\text{suyuq}}}{T \Delta V}$  dan  $p = \frac{\Delta H_{\text{suyuq}} \cdot T_1}{T_1 \Delta V} = \frac{2365,365 \cdot 235,33}{234,3 \cdot 0,0012} = 1,98 \cdot 10^6$

Pa.

**2- misol.** Vismut metallining suyuqlanish harorati 544 K bo'lib, suyuq va qattiq holatdagi vismut metallining hajmlari orasidagi farqi  $\Delta V = 7,2 \cdot 10^{-7}$  m<sup>3</sup>/mol ga teng. Vismutning solishtirma suyuqlanish issiqligi 54,47 J/g bo'lsa, normal bosimda vismut necha gradusda suyuqlanadi?

**Berilgan:**  $T=544$  K;  $\Delta V=7.2 \cdot 10^{-7}$  m<sup>3</sup>/mol;  $l_{\text{sol}}=54,47$  J/g;  
 $\mathcal{L}_{\text{mot}}=l_{\text{sol}} \cdot M=54,47 \cdot 208,98=11383.14$  J/mol = 11,38314 kJ/mol.  
 $p=101325$  Pa.

**Noma'lum:**  $T_2=?$

**Yechish:** 1)  $\frac{dT_2}{p} = \frac{T\Delta V}{L_{mot}} = \frac{544 \cdot 7,2 \cdot 10^{-7}}{11,383} = 3,44 \cdot 10^{-5}$

2) Haroratlar orasidagi farqni aniqlash uchun  $\frac{dT_2}{dp}$  berilgan bosimga ko'paytiriladi:

$$T = 3,44 \cdot 10^{-5} \cdot 101325 = 3,49 \text{ K.}$$

3) Vismutning suyuqlanish harorati bosim ta'sirida qanday bo'lishi aniqlanadi:

$$T_2 = 544 - 3,49 = 540,51 \text{ K.}$$

$$t = T_2 - T_0 = 540,51 - 273 = 267,51^\circ\text{C.}$$

### Masalalar

254. Qattiq fenolning zichligi  $1,072 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , suyuq fenolniki esa  $1,056 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , suyuqlanish solishtirma issiqligi  $104,4 \text{ J/g}$ , qotish harorati  $314 \text{ K}$  ga teng.  $dP/dT$  va fenolning  $5,065 \cdot 10^7 \text{ Pa}$  bosimdagi suyuqlanish haroratini aniqlang.

255. Metan gazining  $88,2$  va  $113 \text{ K}$  haroratlar oralig'idagi o'rtacha bug'lanish issiqligini quyidagi jadvalda berilgan ma'lumotlar asosida aniqlang.

<b>T, K</b>	88,2	92,20	98,20	104,20	112,2
<b>P, <math>10^3 \text{ Pa}</math></b>	8,0	13,31	26,62	53,24	101,3

256.  $307,9 \text{ K}$  normal qaynash haroratida dietil efrining to'yingan bug' bosimi  $\frac{dP}{dt}$  ning qiymati  $3,53 \cdot 10^3 \text{ Pa/K}$  ga teng bo'lsa, Klayperon–Klauzius va Truton formulalari asosida dietil efrining bug'lanish issiqligini aniqlang.

257. HCN kislotaning bug' bosimining haroratga bog'liqligi  $p = 9,16 - \frac{1237}{T}$  tenglama bilan ifodalangan bo'lsa, shu kislotaning bug'lanish issiqligi qanday bo'ladi?

258. Quyidagi jadval ma'lumotlariga asoslanib, suvning bug'lanish issiqligini ikki hil usul bilan 273,2 va 573,2 K haroratlar uchun aniqlang.

a)	$T, K$	$V_{\text{gaz}}, l/g$	$V_{\text{suyuq}}, \text{sm}^3/g$	$dP \cdot dT, N/\text{grad m}^2$	
	273,16	206,3	1000	$5,82 \cdot 10^{-2}$	
	573,16	0,0215	1400	$1,61 \cdot 10^{-2}$	
b)	T.K	273,2	274,2	572,7	574,3
	$P_{\text{H}_2\text{O}}^0, \text{N/m}^2$	610,4	656,4	$8,814 \cdot 10^6$	$9,017 \cdot 10^6$

Nima sababga ko'ra, 273,2 K uchun keltirib chiqarilgan hisob natijasi 573,2 K uchun olingan natijaga muvofiq kelishini tushuntiring.

259. Xlorbenzolning normal qaynash harorati 405,4 K ga teng. Bosim 533 Pa bo'lganida xlorbenzol 383,2 K da qaynaydi. Bosim 266,65 Pa bo'lib qolsa, shu modda necha gradusda qaynaydi?

260. Normal bosim va 283 K da  $\text{H}_2\text{S}$  ning eruvchanligi 5,16 g/l.  $50,66 \cdot 10^4$  Pa bosim va shu haroratda 4 l suvda qancha miqdorda  $\text{H}_2\text{S}$  eriydi?

261. Suyuq xlor ustidagi to'yingan bug' bosimining haroratga bog'liqligi  $p = 3,58 \cdot 10^6 - 3,37 \cdot 10^4 T + 80,11 T^2$  tenglama bilan ifodalansa, xlarning bosimi 101325 Pa bo'lganida uning bug'lanish issiqligi qanday bo'ladi?

262. Freon ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ) ni to'yingan bug' bosimini haroratga bog'liqligi  $\lg P = 34,5 - \frac{2406,1}{T} - 9,26 \lg T + 0,0037T$  tenglama bilan ifodalansa, 1 mol freonning 298 K da to'yingan bug' bosimi (Pa), bug'lanish issiqlik qiymatlari qanday bo'ladi?

263. Muzning suyuqlanish issiqligi  $3,34 \cdot 10^5$  J/kg va 273,16 K da  $p = 610,4$  Pa ekanligini hisobga olib, 272 K dagi suyuq va bug' holatidagi suv bug'ining bosimlari orasidagi farqni aniqlang.

264. 408 K da moddaning to'yingan bug' bosimi 1199,9 Pa ga teng bo'lsa, bosim 2666,45 Pa ga o'zgartirilganida, modda necha gradusda haydaladi?

265. Normal bosimda simob 630 K da qaynaydi. Bug'lanish issiqligi 283,2 J/g bo'lsa, shu bosimda simobning qaynash harorati 1 K ga ko'tarilganida, uning bug' bosimi qanchaga o'zgaradi?

266. Suyuqlangan ruxning bosimi 993,4 K da 10853,3 Pa, 1109 K da esa 47481,5 Pa ga teng. Shu haroratlar orasida ruxning o'rtacha bug'lanish issiqligi qanday (J/g-atom) bo'ladi?

267. 293 va 303 K haroratlarda dietil efirining bug' bosimi 58945 Pa va 86285 Pa ga teng bo'lsa, dietil efirining shu haroratlar oralig'ida o'rtacha solishtirma bug'lanish issiqligi qanday bo'ladi? Natijani Truton formulasi bilan olingan natija bilan solishtiring. Normal bosimda efirni qaynash harorati 307,5 K.  $K_{qay}=363$  K deb olinsin.

268. 363 K da yodning bug' bosimi 3572,4 Pa, 373 K da esa 6065,16 Pa bo'lsa, 388 K da yod bug'i qanday bosimga ega bo'ladi?

269. 263 K da suyuq ammiakning bug' bosimi  $2,907 \cdot 10^5$  Pa, 273 K da  $4,293 \cdot 10^5$  Pa ga teng bo'lsa, 268 K da uning bug' bosimi qanday bo'ladi?

270. 273 K da  $CS_2$  ning to'yingan bug' bosimi 16929 Pa, yashirin bug'lanish issiqligi 363,3 J/g bo'lsa, 263 K da uning to'yingan bug' bosimi qanday bo'ladi?

271. Normal bosim va 600,4 K da qo'rg'oshin suyuqlanadi. Suyuq va qattiq holatdagi qo'rg'oshinning hajmlari orasidagi farq 0,66 ml/mol, yashirin suyuqlanish issiqligi esa 23,04 J/g bo'lsa, bosim 10 marta oshirilganda qo'rg'oshin necha gradusda suyuqlanadi?

272. Benzol 278,49 K da suyuqlanadi. Suyuq va qattiq holatdagi benzolning hajmlari orasidagi farq  $\Delta V=10,28$  ml/mol, solishtirma suyuqlanish issiqligi 125,7 J/g bo'lsa, normal bosimda benzol necha gradusda suyuqlanadi?

273. Normal bosim 1 Pa ga ko'paytirilganida  $\frac{dP}{dt}$ , muzning suyuqlanish harorati  $7,5 \cdot 10^{-8}$  gradusga pasayadi. Muzning solishtirma suyuqlanish issiqligi 333,7 J/g bo'lsa, suyuq va qattiq holatlardagi suvning hajmi ( $\Delta V=V_c - V_k$ ) orasidagi ayirma qanchaga teng bo'ladi?

## **IV bob. Eritmalar termodinamikasi**

### **1. Eritmalar konsentratsiyasini ifodalash**

Eritmalarning xossalari xarakterlovchi kattaliklardan biri ularning konsentratsiyasidir. Bu kattalik eritmada erigan modda bilan erituvchi qanday nisbatlarda bo'lishiga bog'liq. Eritmalarni tayyorlash usuli va konsentratsiyalarni o'lchoviga qarab, eritmalar hajmiy va miqdoriy konsentratsiyalar bilan ifodalanadi.

Miqdoriy konsentratsiya: foiz (%) va molyal dan iborat bo'ladi. 100 g eritmada erigan modda miqdori uning foiz konsentratsiyasini ifodalaydi.

Masalan, 10% li 100 g kislota eritmasi tayyorlangan deb faraz qilaylik: ya'ni 10 g kislota 90 g erituvchi bilan aralashtirilgan bo'ladi.

*Molyal konsentratsiya* deb, 1000 g erituvchida mol modda erishidan hosil bo'lgan eritmaga aytiladi, bunda asosan erituvchining massasiga ahamiyat beriladi. Uni o'lchov birligi (gramm-mol/1000 g  $H_2O$ ) bilan ifodalanadi.

Hajmiy konsentratsiya ham o'z navbatida, molyar va normal konsentratsiyalarga bo'linadi. Molyar va normal konsentratsiyali eritmalar tayyorlashda eritmaning hajmi inobatga olinadi. Bunday eritmalar bo'yida menisk bo'lgan maxsus, ma'lum hajmli kolbalarda tayyorlanadi.

Masalan, 1 molyar eritma deyilganda 1 l yoki 1000 ml eritma ichida 1 g – mol modda erigan bo'lishi kerak. Agar 1000 ml eritmada bir tomchi yo'qolsa, u holda konsentratsiya bir molyar bo'lmaydi.

Masalan, 3 tomchi suyuqlik 1 sm<sup>3</sup> yoki 1 ml hajmni egallaydi.

*Molyar konsentratsiya* deb, 1 l yoki 1000 ml eritmada mol modda erishidan hosil bo'lgan eritmaga aytiladi. Uning o'lchov birligi mol/l bo'ladi.

Normal eritma ham xuddi molyar eritma singari maxsus kolbada tayyorlanadi. Biror tomchi yo'qolmasligi kerak.

*Normal konsentratsiya* deb, 1 l yoki 1000 ml eritmada g – ekvivalent modda erishidan hosil bo'lgan eritmaga aytiladi. Uning o'lchov birligi g – ekv/l bilan ifodalanadi.

Fizikaviy kimyoda eritmalarining termodinamik hossalari o'rganishda asosan molyal konsentratsiyadan foydalaniladi. Masalan, eritmalarining qaynash haroratini molyar ko'tarilish (ebulioskopik konstanta) va muzlash haroratini nisbiy molyar pasayish (krioskopik konstanta) qiymatlari 1000 g erituvchi uchun hisoblanadi.

**1- misol.** Zichligi 1,252 g/ml bo'lgan 7,2n NaOH eritmasining % li konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $\rho=1,252$  g/ml;  $c = 7,2n$ ;  $E=40$ .

**Noma'lum:**  $m=?$

**Yechish:**  $c = \frac{m \cdot \rho \cdot 1000}{E_{NaOH} \cdot 100}$  dan  $m = \frac{c \cdot E \cdot 100}{\rho \cdot 1000} = \frac{7,2 \cdot 40 \cdot 100}{1,252 \cdot 1000} = 23\%$ .

**2- misol.** Zichligi 0,9204 g/ml bo'lgan 47% li etil spirtining molyar va molyal konsentratsiyalarini aniqlang.

**Berilgan:**  $\rho=0,9204$  g/ml;  $m=47\%$ ;  $M_{sp}=46$ .

**Noma'lum:**  $s_1=?$ ;  $s_2=?$

**Yechish:** 1)  $c_1 = \frac{m \cdot \rho \cdot 1000}{M \cdot 100}$  dan molyar konsentratsiya hisoblanadi.

$$c_1 = \frac{0,9204 \cdot 47 \cdot 1000}{46 \cdot 100} = 9,4041 \text{ mol/l.}$$

2) Toza etil spirtining miqdori aniqlanadi:

$$m_2 = 9,4041 \cdot 46 = 432,59 \text{ g.}$$

3) Erituvchining massasi hisoblanadi, eritmaning massasi 920,4 g.

$$m = 920,4 - 432,59 = 487,81 \text{ g H}_2\text{O}$$

4) 1000 g erituvchi uchun spirt miqdori aniqlanadi:

$$487,81 : 432,59 = 1000 : m$$

$$m = 886,8 \text{ g } C_2H_5OH \text{ kerak bo'ladi.}$$

5) Spirtning molyal konsentratsiyasi aniqlanadi:

$$c_2 = \frac{886,8}{46} = 19,28 \text{ mol } 1000 \text{ g } H_2O.$$

3- misol Zichligi 1,335 g/ml bo'lgan sulfat kislotasi eritmasini konsentratsiyasi 577 g/l ga teng: a) sulfat kislotaning foiz; b) molyar va molyal konsentratsiyalari; d) eritmadagi suv va sulfat kislotaning mol ulushlari miqdorini foiz bilan aniqlang.

**Berilgan:**  $s_1 = 577 \text{ g/l}$ ;  $\rho = 1,335 \text{ g/ml}$ .

**Noma'lum:**  $m = ?$ ;  $c_2 = ?$ ;  $c_3 = ?$ ;  $n_1 = ?$ ;  $n_2 = ?$ ;  $n_1^l = ?$ ;  $n_2^l = ?$

**Yechish:** 1)  $m = V \cdot \rho = 1000 \cdot 1,335 = 1335 \text{ g eritmani massasi.}$

2) Eritmani foiz konsentratsiyasi:

$$1335 : 577 = 100 : m,$$

$$m = 42,58\%.$$

3) Molyar konsentratsiyasi:  $c_2 = \frac{577}{98} = 5,99 \text{ mol/l.}$

4) Erituvchini miqdori:  $1335 - 577 = 758 \text{ g.}$

5) Molyal konsentratsiyasi:  $c_3 = \frac{5,99 \cdot 1000}{758} = 7,77 \text{ mol } 1000 \text{ g suv.}$

6) Suv va kislotaning qismlari:

a)  $n_1 = 5,89 \text{ mol}$ ;  $n_2 = \frac{758}{18} = 42,11 \text{ mol.}$

b) Umumiy mol miqdori:

$$N = n_1 + n_2 = 5,89 + 42,11 = 48 \text{ mol.}$$

d) Mol qismlarni mol ulushlari, %.

$$n'_1 = \frac{5.89}{48} \cdot 100 = 12,27\%$$

$$n'_2 = \frac{42.11}{48} \cdot 100 = 87,73\%$$

**4- misol.** 100 g toluol. 60 g sirka kislota va 30 g atseton aralastirilgan. Shu aralashmadagi har bir komponentning mol va mol qismlarini foiz miqdorini aniqlang.

**Berilgan:**  $m_1=100$  g;  $M_1=92$ ;  $m_2=60$  g;  $M_2=60$ ;  $m_3=30$  g;  $M_3=58$ .

**Noma'lum:**  $n_1=?$ ;  $n_2=?$ ;  $n_3=?$ ;  $n'_1=?$ ;  $n'_2=?$ ;  $n'_3=?$

**Yechish:** 1) *Moddalarning mol qismlari hisoblanadi:*

$$n_1 = \frac{100}{92} = 1,087 \text{ mol}; n_2 = \frac{60}{60} = 1 \text{ mol}; n_3 = \frac{30}{58} = 0,517 \text{ mol}.$$

2) *Umumiy mollar soni:*

$$N = n_1 + n_2 + n_3 = 1,087 + 1,0 + 0,517 = 2,604 \text{ mol}.$$

3) *Mol ulushlarining foiz miqdorlari:*

$$n'_1 = \frac{1,087}{2,604} \cdot 100 = 41,74 \%; n'_2 = \frac{1}{2,604} \cdot 100 = 38,4\%;$$

$$n'_3 = \frac{0,517}{2,604} \cdot 100 = 19,85 \%$$

**5- misol.** 500 ml  $CaCl_2$  eritmasiga 0.1n kumush nitrat eritmasidan 100 ml qo'shilganida eritmadagi xlor ionlari batamom  $AgCl$  holida cho'kadi.  $CaCl_2$  eritmasining normal konsentratsiyasi va hosil bo'lgan  $AgCl$  cho'kmasining miqdorini aniqlang.

**Berilgan:**  $V=500$  ml;  $c = 0.1n$ ;  $E_{CaCl_2}=55.5$ ;  $\rho=1$  g/ml;  $M_{CaCl_2}=111$ ;  $E_{AgNO_3} = 170$ .

**Noma'lum:**  $C_H=?$ ;  $m_{cho'k}=?$



**Yechish:**

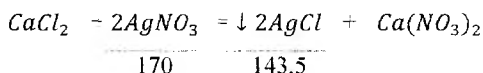
1) Eritmadagi kumush nitratni massasi:

$$c = \frac{m \cdot \rho \cdot 1000}{E \cdot 100} \text{ dan } m = \frac{c \cdot E \cdot 100}{\rho \cdot 1000} = \frac{0,1 \cdot 170 \cdot 100}{1 \cdot 1000} = 1,7 \text{ g.}$$

2) 1 l eritmadagi kumush nitratni massasi:

$$100 : 1,7 = 1000 : x; x = 17 \text{ g.}$$

3) Reaksiya tenglamasini yozib, kumush nitrat va kumush xloridlarning massasi aniqlanadi:



a) Proporsiya tuzib, cho'kma miqdori aniqlanadi:

$$170 : 143,5 = 17 : x; x = 14,35 \text{ g.}$$

b)  $\text{CaCl}_2 \rightarrow 2\text{AgCl}$

$$111 : 287 = m_1 : 14,35,$$

$$m_1 = \frac{111 \cdot 14,35}{287} = 5,55 \text{ g.}$$

d) 1 l eritmadagi  $\text{CaCl}_2$  massasi hisoblanadi:

$$500 : 5,55 = 1000 : x; x = 11,1 \text{ g.}$$

4) Kalsiy xloridning normal konsentratsiyasi:

$$c_H = \frac{11,1}{55,5} = 0,2 \text{ n}$$

**6- misol.** Ikki tomonidan jo'mrak bilan berkitilgan naycha  $\text{Cl}_2$  gazi bilan to'ldirilgan. Bitta jo'mrakni ochib, naychaga 15 ml  $\text{NH}_3$  li suv kiritib, ancha vaqt kutiladi. Naychanning ikkinchi uchini natriy tiosulfit eritmasiga botirib, jo'mrak ochilsa, naycha ichiga eritma kirib, biroz vaqt o'tgach loyqa hosil bo'ladi. Reaksiya natijasida naycha ichida rangsiz, hidsiz, yonmaydigan va suvda erimaydigan  $\text{N}_2$  gazi hosil bo'ladi. Naycha ichidagi bosim tashqi bosim bilan tenglashganida azotning hajmi 30.4 ml ekanligi ma'lum bo'ldi.  $\text{NH}_3$  suvi  $\text{Cl}_2$  bilan reaksiyaga kirishib  $\text{N}_2$  hosil bo'ladi.

Shu vaqtda harorat 288 K, bosim 97325,3 Pa va shu haroratda suv bug'ining bosimi 1733,2 Pa ga teng bo'lsa, ammiakli suvning normal konsentratsiyasi qanday bo'lishi mumkin?

**Berilgan:**  $V=30,4\text{ml}; T=288\text{K}; p_0=101325\text{Pa}; h_{H_2O}=1733,2\text{Pa};$   
 $p=97325,34\text{Pa}.$

**Noma'lum:**  $V_{N_2}=?; c_H=?;$

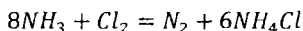
**Yechish:** 1) Normal sharoitdagi azotning hajmi aniqlanadi:

$$V_0 = \frac{V - p - h}{p_0 \cdot T} T_0 = \frac{30,4 - 97325,34 - 1733,2 \cdot 273}{101325 \cdot 288} = 27,19 \text{ ml } N_2.$$

2)  $V_0$  dagi azot massasi hisoblanadi:

$$22400 : 28 = 27,19; m_{N_2}; m_{N_2} = 0,034 \text{ g}.$$

3) Tenglama bo'yicha ammiakning massasi aniqlanadi:



$$136 : 28 = m_{NH_3}; 0,034; m_{NH_3} = 0,1651 \text{ g}.$$

4) 1000 ml hajmdagi  $NH_3$  massasi hisoblanadi:

$$5 \text{ ml}; 0,1651 = 1000; m_{NH_3}; m_{NH_3} = 11,01 \text{ g}.$$

5) Ammiakning normal konsentratsiyasi:

$$c_H = \frac{11,01}{17} = 0,65.$$

**7- misol** Zichligi 1,115 g/ml bo'lgan 30 ml, 10% li  $NaOH$  eritmasiga konsentratsiyasi 4n bo'lgan  $NaOH$  eritmasidan 100 ml, konsentratsiyasi noma'lum  $NaOH$  eritmasidan quyib, ularni ustiga  $NaOH$  kristallaridan solib, 500 ml ishqor eritmasi tayyorlangan. SHu eritmadan 10 ml olib, In lik 26 ml  $HCl$  kislota eritmasi bilan neytrallangan. Tayyorlangan ishqor

eritmasining normal konsentratsiyasi va qo'shilgan qattiq ishqor miqdorini aniqlang.

**Berilgan:**  $\rho=1,115 \text{ g/ml}$ ;  $m=10\%$ ;  $c_1=4n$ ;  $V_1=30 \text{ ml}$ ;  $V_2=100 \text{ ml}$ ;  
 $V_3=500 \text{ ml}$ ;  $V_{\text{HCl}}=26 \text{ ml}$ .

**Noma'lum:**  $m_1=?$ ;  $m_2=?$ ;  $c_2=?$ ;  $m_3=?$ ;  $m_4=?$

**Yechish:** 1) a) 30 ml ishqorning massasi:  $m=30 \cdot 1,115=33,45 \text{ g}$ .

b)  $100 : 10=33,45 : x$ ;  $x=3,345 \text{ gramm sof NaOH massasi}$ .

2) Konsentratsiyasi 4n bo'lgan ishqor eritmasidagi NaOH massasi:

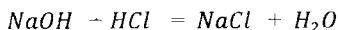
a)  $1 : 40 = 4 : x$ ;  $x=160 \text{ g}$ .

b)  $1000 : 160 = 100 : x$ ;  $x=16 \text{ g}$ .

3) 10 ml ishqorni neytrallash uchun sarf bo'lgan 26 ml, 1n HCl eritmasidagi sof HCl massasi:

$1000 : 36,5 = 26 : x$ ;  $x=0,949 \text{ g}$ .

4) Reaksiya tenglamasi bo'yicha 0,949 g HCl uchun sarflangan 10 ml ishqor eritmasidagi sof ishqor massasi:



40            36,5

$40 : 36,5 = x : 0,949$ ;  $x=1,04 \text{ g}$ .

5) Tayyorlangan 500 ml ishqor eritmasidagi NaOH ning massasi:

a)  $10 : 1,04 = 500 : x$ ;  $x=52 \text{ g}$ .

b) Qo'shilgan NaOH kristalini miqdori:

$m=52 - (33,45+16)=52 - 49,45=2,55 \text{ g}$ .

6) 500 ml eritmaning normal konsentratsiyasi:

$$c_H = \frac{52}{40} = 1,3 \text{ n.}$$

### Masalalar

274.48% li sulfat kislota eritmasining zichligi 1,380 g/ml bo'lsa, uning normal, molyal va molyar konsentratsiyalari qanday bo'ladi?

275.Zichligi 1.100 g/ml, konsentratsiyasi 6,04n bo'lgan *HCl* eritmasining foiz konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

276.Zichligi 1,825 g/ml bo'lgan, 91% li sulfat kislota eritmasining molyar, normal va molyal konsentratsiyalari qanday bo'ladi?

277.Zichligi 1.175 g/ml, konsentratsiyasi 4,7n bo'lgan *NaOH* eritmasining foiz va molyal konsentratsiyalari qanday bo'ladi?

278.Zichligi 1.290 g/ml bo'lgan, 10n sulfat kislota eritmasining molyar, molyal va foiz konsentratsiyalarini aniqlang.

279.Zichligi 1.24 g/ml bo'lgan, 26% *KOH* eritmasida necha mol *KOH* va suv bo'ladi? Nisbatlari qanday bo'ladi?

280.50 ml suvda 18 g glyukoza eritilgan eritmaning molyar va molyal konsentratsiyalari qanday bo'ladi?

281.40% li *NaOH* eritmasida qancha suv va qancha mol *NaOH* bo'ladi?

282.1000 g suvda 245,7 g *KCl* eritilgan eritma 1,131 zichlikka ega bo'lsa, eritmaning molyar va molyal konsentratsiyalari qanday bo'ladi? *KCl* va suvning mol ulushlari qanday % miqdorlarda bo'lishi mumkin?

283.200 g benzol, 100 g etil spirti va 50 g atseton aralashtirilgan. Aralashma tarkibidagi har bir komponentning mol qismining foiz miqdorini aniqlang.

284.300 ml suvga 30% li *NaOH* eritmasidan 100 ml qo'shilganida, eritmaning zichligi 1,328 g/ml bo'lib qoladi. Shu eritmaning molyar va molyal konsentratsiyalari qanday bo'ladi?

285.300 ml suvga 30%  $KOH$  eritmasidan 100 ml qo'shilganida eritmaning zichligi 1,428 g/ml bo'ladi. Shu eritmaning molyal va normal konsentratsiyalarini aniqlang.

286.500 ml  $BaCl_2$  eritmasiga 0,3n sulfat kislotasi eritmasidan 10 ml qo'shilsa, eritmada bariy kationlari to'liq cho'kadi, ya'ni  $BaSO_4$  hosil bo'ladi.  $BaCl_2$  eritmasining normal konsentratsiyasini va hosil bo'lgan cho'kmaning miqdorini aniqlang.

287.500 ml kumush nitrat eritmasiga, zichligi 1,028 g/ml bo'lgan 6% li  $HCl$  eritmasidan 10 ml qo'shilsa, kumush kationlari to'liq cho'kib, oq rangli  $AgCl$  cho'kmasi hosil bo'ladi. Kumush nitrat eritmasining normal konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

288. Zichligi 1,069 g/ml bo'lgan, 9% li 100 ml kumush nitrat eritmasi bilan 1n 50 ml  $NaCl$  eritmasi aralashtirilganida necha gramm  $AgCl$  cho'kmasi hosil bo'ladi?

289. Tarkibida 2,942 g  $H_2SO_4$  eritilgan 30 ml eritmani neytrallash uchun 0,2n  $NaOH$  eritmasidan qancha hajm kerak bo'ladi? Sulfat kislotaning molyar konsentratsiyasini aniqlang.

290. Zichligi 1,189 g/ml bo'lgan 20% li  $K_2CO_3$  eritmasining konsentratsiyasi 1n bo'lishi uchun qancha suv quyish kerak?

291. Zichligi 1,031 g/ml bo'lgan, 6% li 100 ml  $H_3PO_4$  kislotasi eritmasiga 200 ml suv qo'shilganida hosil bo'lgan eritmaning molyar konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

292.  $Ba(OH)_2$  eritmasini neytrallash uchun 0,5n  $HCl$  eritmasidan 50 ml sarf bo'ladi. Eritmada qancha  $Ba(OH)_2$  bo'lishi mumkin? Uni konsentratsiyasi (normal) qanday bo'ladi?

293. 2,5 g  $NaOH$  eritilgan eritmani neytrallash uchun 100 ml  $HCl$  eritmasi sarflanadi. Kislotaning normal konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

294. 16 g  $NH_4NO_3$ , 28 g  $K_2SO_4$  va 30 g  $KNO_3$  tuzlari suvda eritilib, 800 ml eritma tayyorlangan. Shu eritmada suv va tuzlarning mol qismlarini foiz miqdorlari qanday bo'ladi?

295. Zichligi 1.143 g/ml bo'lgan, 50 ml sulfat kislotaga 60 % li shu kislota eritmasidan 70 ml va ma'lum miqdorda distillangan suv quyib, yangi konsentratsiyali eritma tayyorlangan. Shu eritmadan 200 ml olib, vodorod olish asbobiga quyib, ustiga mo'l miqdorda rux bo'lakchalari solinganida, normal sharoitda 2 l vodorod gazi ajraladi. Tayyorlangan sulfat kislotasi eritmasining normal konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

## 2. Eritmalarning bug' bosimi. Raul qonuni

Ideal eritmalardagi komponent  $i$  ni bug' bosimi, eritma haroratida toza komponent bug' bosimini eritma tarkibidagi komponentning mol qismi  $x_i$  ga ko'paytirilganiga teng:

$$p_i = p_i^0 x_i \quad (IV.1)$$

Eritmani bug' bosimini uning molyar qismiga to'g'ri proporsionalligi Raul tomonidan aniqlangan. Shuning uchun (IV.1) formulani Raul qonunining matematik ifodasi deyiladi.

Binar eritmalar uchun bu formula quyidagicha yoziladi:

$$p_i = p_i^0 (1 - x_2) \quad (IV.2)$$

bunda:  $p_i$  – eritma ustidagi erituvchini parsial bug' bosimi;

$p_i^0$  – toza erituvchi ustidagi bug' bosimi;

$x_2$  – erigan moddaning mol qismi;

$1 - x_2 = x_1$  – erituvchini mol qismi ( $x_1 + x_2 = 1$ )

Ko'pincha Raul qonunini qiymati binar eritmalar uchun quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = x_2 \quad (IV.3)$$

bunda:  $x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$  (IV.4) buni (IV.3) ga qo'yilsa,

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \quad (IV.5)$$

kelib chiqadi yoki qilib yozish mumkin.

$$\frac{\Delta P}{p^0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \quad (\text{IV.6})$$

bunda:  $n_2$  – erigan moddaning mol sonlari,  $\frac{m_2}{M_2}$  ga teng bo'ladi.

Buni (IV.4) formuladagi  $n_1$  va  $n_2$  larning o'rniga  $\frac{m_2}{M_2}$  ni qo'yib chiqilsa,

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = \frac{\frac{m_2}{M_2}}{\frac{m_2}{M_2} + \frac{m_1}{M_1}} \quad (\text{IV.7})$$

bo'ladi.

Bu formula yordamida eritma va erituvchini bug' bosimlari ma'lum bo'lganida, eritmaning tarkibini, eritmadagi komponentlardan birortasining molekulyar massasini ham aniqlash mumkin.

**1- misol.** 25°C da toza suvning bug' bosimi 3167.73 Pa. shu haroratda 20% li glyukoza eritmasining bug' bosimi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $t=25^\circ\text{C}$ ;  $T=273+25=298\text{ K}$ ;  $p^0=3167.73\text{ Pa}$ ;  $m_2=20\text{ g}$ ;  $m_1=80\text{ g}$ ;

$$M_2=180; M_1=18; n_1 = \frac{80}{18} = 4.44\text{ mol}; n_2 = \frac{20}{180} = 0.11\text{ mol}.$$

**Noma'lum:**  $p=?$

**Yechish:** (IV.5) formuladan eritmaning bug' bosimi hisoblanadi:

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \text{ berilgan qiymatlar shu formulaga qo'yiladi:}$$

$$\frac{3167.73 - p}{3167.73} = \frac{0.11}{0.11 + 4.44} \text{ dan } p = 3091,15\text{ Pa}.$$

**2- misol** Eritmaning bug' bosimini 266,5 Pa ga pasaytirish uchun 303 K da 90 g suvda qancha gлитserin eritilishi kerak? SHu haroratda toza suvning bug' bosimi 4242,3 Pa ga teng deb olinsin.

**Berilgan:**  $m_1=90\text{g}$ ;  $M_1=18$ ;  $n_1 = \frac{90}{18} = 5\text{mol}$ ;  $M_2=92$ ;  $P^0=4242,3\text{Pa}$ ;  $\Delta P=266,5\text{Pa}$ .

**Noma'lum:**  $m_2=?$

**Yechish:** (IV.7) dan glitserin massasi aniqlanadi:

$$\frac{266.5}{4242.3} = \frac{\frac{m_2}{92}}{\frac{m_2}{92} + 5} \text{ dan } m_2 = 30 \text{ g.}$$

**3- misol** 6.18 g anilin 74 g efir  $[(C_2H_5)_2O]$  da 303 K da eritilgan, eritmaning bug' bosimi 85800 Pa ga teng. SHu haroratda toza suvning bug' bosimi 86380 Pa ga teng bo'lsa, anilinning molekulyar massasi qancha bo'lishi mumkin?

**Berilgan:**  $m_2=6.18 \text{ g}; m_1=74 \text{ g}; M_1=74; n_1=\frac{74}{74}=1 \text{ mol}; p=85800 \text{ Pa};$   
 $p^0=86380 \text{ Pa}; \Delta p=86380 - 85800=580 \text{ Pa.}$

**Noma'lum:**  $M_2=?$

**Yechish:** (IV.7) dan anilinni molekulyar massasi hisoblanadi:

$$\frac{580}{86380} = \frac{\frac{6.18}{M_2}}{\frac{6.18}{M_2} + 1} \text{ dan } M_2 = 91.42.$$

### Masalalar

296.6.4 g naftalin ( $C_{10}H_8$ ) 90 g benzol ( $C_6H_6$ ) da eritilgan. Eritmaning 393 K dagi bug' bosimi qanday? SHu haroratda toza benzolning bug' bosimi 9953.82 Pa ga teng.

297.150 g eritmada 34.2 g shakar ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) eritilgan. 303 K da toza suvning bug' bosimi 4242.3 Pa. shu haroratda eritmaning bug' bosimi qanday bo'ladi?

298.293 K da toza efir  $[(C_2H_5)_2O]$  ning bug' bosimi 58920 Pa. shu haroratda 100 g efirmada 12.2 g benzoil kislota ( $C_6H_5COOH$ ) eritilgan eritmaning bug' bosimi 54700 Pa ga teng bo'lsa, eritmadagi kislotaning molekulyar massasi qancha bo'ladi?



299.1,5 l suvda 1,5 mol osh tuzi eritilgan. 313 K da toza suvning bug' bosimi 7375.37 Pa bo'lsa, shu haroratda eritmaning bug' bosimi qanday bo'ladi?

300.120 g suvda 51.3 g shakar eritilgan eritma 372,5 K da qaynay boshlaydi. Shu vaqtda eritma qanday bosimga ega bo'ladi? Shu haroratda toza suvning bug' bosimi 99540 Pa ga teng deb olinsin.

301.117 g benzolda 6,4 g naftalin eritilgan. Eritma 353 K da qaynay boshlaydi. Shu haroratda toza benzolning bug' bosimi 100500 Pa ga teng bo'lsa, eritmaning bug' bosimi qanday bo'ladi?

302.90 g suvda 1,5 g glitserin ( $C_3H_8O_3$ ) eritilgan eritma 372 K da qaynaydi. Shu haroratda toza suvning bug' bosimi 99751.96 Pa ga teng, eritma qanday bug' bosimga ega bo'ladi?

303.Mochevina [ $CO NH_2$  ] ning 20% li eritmasi 298 K da 311744 Pa bosimga ega, shu haroratda toza suvning bug' bosimi 3167.73 Pa bo'lsa, eritmadagi mochevinaning mol/l konsentratsiyasi qancha bo'ladi?

304.Eritmaning bug' bosimini 399,7 Pa ga kamaytirish uchun 300 K da 4,5 g glitserin qancha suvda erishi kerak? Shu haroratda toza suvning bug' bosimi 3565 Pa ga teng, deb qabul qilinsin.

305.313 K da 14 g benzolda 6 g naftalin eritilgan. Agar shu haroratda toza benzolning bug' bosimi 24144.6 Pa bo'lsa, eritmaning bug' bosimi qancha bo'lishi kerak?

306.203 K da anilinni efirda eritilib 5% li eritma tayyorlangan. Shu haroratda toza efirning bug' bosimi 58920 Pa bo'lsa, eritmaning bug' bosimi qanday bo'ladi?

307.343 K da eritmaning bug' bosimi 30470 Pa bo'lishi uchun, 27 g suvda necha gramm shakar eritiladi? Shu haroratda toza suvning bug' bosimi 31157,4 Pa ga teng, deb olinsin.

308.293 K da toza efirning bug' bosimi 58940 Pa bo'lsa, 100 g efirda 10 g benzaldegid ( $C_6H_5CHO$ ) eritilgan eritmaning bug' bosimi, shu haroratda qancha bo'ladi?

309.100 g suvda 13 g noelektrolit eritilgan: eritmaning 301 K dagi bug' bosimi 3642 Pa ga teng. Shu haroratda toza suvning bug' bosimi 3780 Pa bo'lsa, eritmadagi noelektrolitning molekulyar massasi qancha?

### 3. Moddalarning aktivligi va uchuvchanligi

Real eritmalar Raul qonuniga bo'ysunmaydi, chunki real eritmalar ustidagi bug' holatini tavsiflash uchun ideal gazning holat tenglamasini qo'llab bo'lmaydi.

Real gazlarda bosim o'rniga izotermik funksiya – uchuvchanlik qiymati  $f_i$  dan foydalaniladi.

Uchuvchanlik qiymati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$f_i = \frac{p}{p_{id}} \quad (IV.8)$$

bunda:  $p$  – real gaz bosimi;  $p_{id}$  – ideal gaz bosimi.

Uchuvchanlik bilan bosim orasidagi o'zaro bog'liqlik quyidagi nisbat bilan ifodalanadi:

$$\frac{d \lg f}{dP} = V. \quad (IV.9)$$

Real gazlar uchun Gibbs energiyasining o'zgarish qiymati quyidagicha:

$$dG = RT \ln f.$$

yoki binar sistemalar uchun

$$dG = RT \ln \frac{f_2}{f_1} \quad (IV.10)$$

Real eritmalarda erigan moddaning mol qismi ( $x_i$ ) o'rniga termodinamik aktivlik  $\alpha_i$  ishlatiladi. Agar eritma ustidagi bug' ideal deb faraz qilinsa, u ideal gaz qonuniga bo'ysunadi:

$$\alpha_i = \frac{p_i}{p_i^0} \quad (IV.11)$$

bo'ladi.

bunda:  $p_i$  – komponentning eritma ustidagi bug' bosimi;

$p_i^0$  – shu eritma haroratida toza komponentning bug' bosimi.

Real eritmalarda aktivlik komponentlarning uchuvchanligi bilan ham ifodalanadi:

$$\alpha_i = \frac{f_i}{f_i^0}, \quad (\text{IV.12})$$

bunda:  $f_i$  – eritma ustidagi komponentning uchuvchanligi;  
 $f_i^0$  – toza komponentning uchuvchanligi.

Molekulalarning aktivligi komponentning mol qismiga to'g'ri proporsionaldir:

$$\alpha_i = \gamma_i \cdot x_{1 \leftarrow i} \quad (\text{IV.13})$$

bunda:  $\gamma_i$  – aktivlik koeffitsiyenti, eritmaning konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi;  
 $x_i$  – komponentning mol qismi.

Aktivlik koeffitsiyentining konsentratsiyaga bog'liqligini quyidagicha qo'rsatish mumkin:

$$a) \quad \gamma_i = \frac{\alpha_i}{N_i} \quad (\text{IV.14})$$

bunda:  $N_i$  – eritmaning mol qismi

$$b) \quad \gamma_i = \frac{\alpha_i}{c_i} \quad (\text{IV.15})$$

bunda:  $c_i$  – eritmaning molyar konsentratsiyasi:

$$d) \quad \gamma_i = \frac{\alpha_i}{m_i} \quad (\text{IV.16})$$

bunda:  $m_i$  – eritmaning molyal konsentratsiyasi:

$$g) \quad \ln \gamma_i = -2j \quad (\text{IV.17})$$

bunda:  $j = 1 - \frac{\Delta T_M}{K \cdot m_i}$  bo'ladi. Buni (IV.17) dagi o'rniga qo'yilsa, quyidagi ifoda

$$\text{kelib chiqadi. } \ln \gamma_i = -2 \left( 1 - \frac{\Delta T_M}{K \cdot m_i} \right), \quad (\text{IV.18})$$

bunda:  $\Delta T_M$  – eritmani muzlash haroratining nisbiy pasayishi;

$j$  – eritmada erigan moddaning molekularini aktivligi;

$K$  – erituvchining krioskopik konstantasi;

$m_i$  – eritmaning molyal konsentratsiyasi.

Ideal eritmalar uchun  $\gamma_i=1$  deb qabul qilingan.

Ko'pgina termodinamik tenglamalarda aktivlik koeffitsiyenti o'rniga tuzatma kattalik – osmotik bosim koeffitsiyenti  $g_i$  qo'llaniladi.  $\gamma_i$  bilan  $g_i$  orasidagi bog'liqlik quyidagicha ifodalanadi:

$$\ln \gamma_i = g_i - 1 \ln x_i. \quad (IV.19)$$

**1- misol.** 273 K va 101325 Pa bosimda 1 mol  $O_2$  22,4 l hajmni egallaydi. Shu sharoitda  $O_2$  uchuvchanligi qanday?

**Berilgan:**  $p=101325$  Pa;  $T=273$  K;  $n=1$  mol;  $V=22,4$  l.

**Ma'lum:**  $R=8,314 \cdot 10^3$  J/(K·mol)

**Noma'lum:**  $p_{id}=?$ ;  $f=?$

**Yechish:** 1) *Ideal gazlarni holat tenglamasidan bosim aniqlanadi:*

$$pV = nRT \text{ dan } p_{id} = \frac{nRT}{V} = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 273}{22,4} = 101326,88 \text{ Pa,}$$

2) (IV.8) formuladan uchuvchanlik hisoblanadi:

$$f_i = \frac{p}{p_{id}} = \frac{101325}{101326,88} = 0,9999815 \text{ Pa} \cong 1 \text{ Pa.}$$

**2- misol** 373 K da eritma ustidagi suv bug'ining bosimi 95992.1 Pa bo'lsa, suv molekularining aktivligi qanday?

**Berilgan:**  $T=373$  K;  $P_f=95992,1$  Pa;

**Noma'lum:**  $p_i^0=?$   $a_i=?$

**Yechish:** 1)  $\frac{p_i}{T} = \frac{p_i^0}{T_0}$  dan  $p_i^0 = \frac{p_i T_0}{T} = \frac{95992,1 \cdot 273}{373} = 70256,95 \text{ Pa}$

$$2) a_i = \frac{p_i}{p_i^0} = \frac{95992,1}{70256,95} = 1,3663.$$

**3- misol** Konsentratsiyasi 30% bo'lgan  $C_2H_5OH$  ning suvdagi eritmasi – 28,7°C da muzlaydi. Eritmadagi spirt molekularining aktivligi aniqlansin. Suvning krioskopik konstantasi 1,86 grad/mol.

**Berilgan:**  $m=30\%$ ;  $t=-28,7^{\circ}\text{C}$ ;  $t_0=0^{\circ}\text{C}$ ;  $K=1,86$ ;  $\Delta t=0 - (-28,7)=28,7^{\circ}\text{C}$ .

**Noma'lum:**  $\alpha_i=?$

**Yechish:** 1) a) 1 l eritmadagi spirtning massasi aniqlanadi:

$$100 : 30 = 1000 : x; x=300 \text{ g.}$$

b) Erituvchining massasi hisoblanadi:

$$1000 - 300=700 \text{ g.}$$

d) 1000 g erituvchi uchun spirtning massasi aniqlanadi:

$$700 : 300 = 1000 : x; x=428,57 \text{ g.}$$

e) Spirtning molyal konsentratsiyasi:  $m_i = \frac{428,57}{46} = 9,32$ .

$$2) j = 1 - \frac{\Delta T_M}{K \cdot m_i} = 1 - \frac{28,7}{1,86 \cdot 9,32} = -0,656$$

$$3) \ln \gamma_i = -2j = -2 \cdot -0,656 = 1,312$$

$$\ln \gamma_i = 1,312; \lg \gamma_i = 2,303 \cdot 1,312 = 3,02$$

$$\gamma_i = 0,48$$

$$4) \alpha_i = \gamma_i \cdot c_i = 0,48 \cdot 9,32 = 4,5$$

**4- misol.** Binar eritmada erigan moddaning mol qismi 30%, aktivlik koeffitsiyenti 0.7 ga teng bo'lsa, uning osmotik koeffitsiyenti nechaga teng bo'ladi?

**Berilgan:**  $x_i=30\%=0,3$ ;  $\gamma_i=0,7$ .

**Noma'lum:**  $g_i=?$

**Yechish:**  $\ln \gamma_i = (g_i - 1) \ln x_i$  dan

$$g_i = 1 + \frac{\ln \gamma_i}{\ln x_i} = 1 + \frac{2,303 \lg 0,7}{2,303 \lg 0,3} = 1 + 0,296 = 1,296.$$

## Masalalar

310.333 K va  $5,065 \cdot 10^6$  Pa bosimda ammiakning molyar hajmi 467 ml. shu haroratda ammiakning uchuvchanligi qancha?

311.428 K da suvning bug' bosimi  $5,433 \cdot 10^5$  Pa. 1000 g suv bug'ining hajmi  $0,3464 \text{ m}^3$  bo'lsa, shu haroratda o'z bug'i bilan muvozanatda turgan suv molekularining uchuvchanligi qanday bo'ladi?

312.298 K da simob (II) xlorid molekularining suv va benzol qatlamlarida taqsimlanish koeffitsiyenti 11,9 ga tengligidan foydalanib, suv bilan muvozanatda turgan va  $HgCl_2$  konsentratsiyasi  $0,0122 \text{ mol/l}$  bo'lgan benzoldagi eritmasini ideal eritma deb hisoblab, uning suvdagi eritmasida konsentratsiyasi  $0,1578 \text{ mol/l}$  ekanligini hisobga olib,  $HgCl_2$  molekularining aktivligi va aktivlik koeffitsiyentini aniqlang.

313.100 g suvda 48,59 g shakar eritilgan eritma  $-3,052^\circ\text{C}$  muzlaydi. Suvning krioskopik konstantasi 1,86 ga teng bo'lsa, eritmadagi shakar molekularining aktivligi qanday bo'ladi?

314. Tarkibida 73% (mol) atseton va 27% (mol) xloroform bo'lgan aralashma berilgan. 308,17 K da atsetonning parsial bug' bosimi 32037,4 Pa, xloroformniki esa 66922,78 Pa ga teng. Agar shu haroratda atsetonning bug' bosimi 45924,6 Pa, xloroformniki 39076,8 Pa bo'lsa, eritmadagi komponentlarning aktivligi va aktivlik koeffitsiyentlari qanday bo'ladi?

315. Suvning krioskopik konstantasi 1,86 ga teng. 40% li glitserin eritmasi  $-15,4^\circ\text{C}$  da muzlasa, eritmadagi glitserin molekularining aktivligi qanday bo'ladi?

316.273 K va  $1,013 \cdot 10^7$  Pa bosimda  $H_2$  ning uchuvchanligi  $1,082 \cdot 10^7$  Pa ga teng, shu sharoitda  $H_2$  ning mol hajmi qanday bo'ladi?

317.273 K va  $2,531 \cdot 10^6$  Pa bosimda  $CO$  ning uchuvchanligi  $2,494 \cdot 10^6$  Pa ga teng, shu haroratda gazning hajmi qancha bo'ladi?

318. Suv bilan amil spirti orasida iodning taqsimlanish koeffitsiyenti 230 ga teng, 2,5 g yod eritilgan 400 ml amil spirti 1 l suv bilan aralastirilib chayqatilsa, suv qavatida iodning konsentratsiyasi qancha bo'lib qoladi?

319. Suv bilan  $CCL_4$  da iodni taqsimlanish koeffitsiyenti 0,0117 ga teng, suyuqliklar aralashtirilganida  $CCL_4$  qavatida iodning konsentratsiyasi 0,1088 mol/l. Shu vaqtda suv qavatida iod konsentratsiyasi qanday qiymatga ega bo'ladi?

320. Binar eritmada erigan moddaning mol qismi 26% ni tashkil qiladi. Aktivlik koeffitsiyenti 0,6 ga teng bo'lsa, eritmaning osmotik koeffitsiyenti qanday bo'ladi?

321. 0,02 mol yod  $CHCl_3$  da eritilgan, eritmadagi yod molekularining aktivlik koeffitsiyenti 10 ga teng bo'lsa. uning aktivligi va osmotik koeffitsiyenti qanday bo'ladi?

#### 4. Binar eritmalarda eritma va bug' orasidagi muvozanat. Ebulioskopiya

Uchuvchanlik xossasiga ega bo'lmagan moddalarning qaynash haroratini konsentratsiyaga bog'liqligi Raul qonuni asosida quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta T = T - T_0 = \frac{E \cdot m \cdot 1000}{g \cdot M}, \quad (IV.20)$$

bunda:  $T$  – eritmaning qaynash harorati ;

$T_0$  – erituvchining qaynash harorati;

$E$  – ebulioskopik konstanta yoki erituvchining qaynash haroratini molyar ko'tarilishi deyiladi;

$m$  – erigan modda massasi;

$g$  – erituvchining massasi;

$M$  – erigan moddani molekulyar massasi. (IV.20) formula suyultirilgan eritmalar qo'llaniladi.

Ko'pchilik erituvchilarning  $E$  konstantasi jadvallarda beriladi. Agar berilmagan bo'lsa, solishtirma bug'lanish issiqligi ma'lum bo'lgan erituvchilarning  $E$  qiymatini quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$E = \frac{R \cdot T_0^2}{i_b \cdot 1000}, \quad (IV.21)$$

bunda:  $l_b$  – erituvchining solishtirma bug'lanish issiqligi.

(IV.20) formuladan foydalanib, eritmada erigan moddaning molekulyar massasini aniqlash mumkin.

Eritmaning molyal konsentratsiyasi ma'lum bo'lsa,  $\Delta T$  quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta T = E \cdot m_i \quad (\text{IV.22}),$$

bunda  $m_i$  – eritmaning molyal konsentratsiyasi;

$$\Delta T = T - T_0, \quad \text{eritma va erituvchilarning qaynash haroratlari orasidagi farq.}$$

Molyal konsentratsiya quyidagi qiymatga teng bo'ladi:

$$m_i = \frac{m \cdot 1000}{g \cdot M} \quad (\text{IV.23})$$

buni (IV.22) dagi  $m_2$  o'rniga qo'yilsa,

$$\Delta T = \frac{E \cdot m \cdot 1000}{g \cdot M} \quad (\text{IV.24})$$

kelib chiqadi.

**1- misol.** 80 g benzolda 6,48 g oltinugurt eritilgan eritmaning qaynash harorati  $0.81^\circ\text{C}$  ga ko'tariladi. Eritmadagi oltinugurt molekulasini nechta atomdan iboratligini aniqlang.

**Berilgan:**  $m=6,48$  g;  $g=80$  g;  $\Delta t=0,81^\circ\text{C}$ ;  $E=2,57$ .

**Noma'lum:**  $M=?$ ;  $n_c=?$  ( $n_c$  – molekuladagi atomlar soni)

**Yechish:** 1)  $M = \frac{E \cdot m \cdot 1000}{\Delta t \cdot g} = \frac{2,57 \cdot 6,48 \cdot 1000}{80 \cdot 0,81} = \frac{16653,6}{64,8} = 257.$

2)  $n_c = \frac{257}{32} = 8$  ya'ni  $S_8$  – bug' holatidagi oltinugurt molekulasini



**2- misol.** Sirka kislota 118°C da qaynaydi. Uni bug'lanish issiqligi 24,4 kJ/mol bo'lsa, sirka kislotaning qaynash haroratini molyar ko'tarilishi qanchaga teng?

**Berilgan:**  $t=118^{\circ}\text{C}$ ;  $T=273+118=391\text{K}$ ;  $l_b=24,4\text{ kJ/mol}=24400\text{ J/mol}$ .

Bundan  $l_b = \frac{24400}{60}=407\text{ J/g}$  solishtirma bug'lanish issiqligi.

$R=8,314\text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$ .

**Noma'lum:**  $E=?$

**Yechish:** (IV.21) dan aniqlanadi.

$$E = \frac{R \cdot T_0^2}{l_b \cdot 1000} = \frac{8,314 \cdot 391^2}{407 \cdot 1000} = 3,123\text{ grad}\cdot\text{mol}.$$

**3- misol.** Suv atmosfera bosimida 99,605°C da qaynaydi. 100 g suvda 3,291 g glyukoza eritilgan bo'lsa, shu eritma necha gradusda qaynaydi? Suvning ebulyoskopik konstantasi  $E=0,516\text{ K/mol}$  ga teng.

**Berilgan:**  $t=99,605^{\circ}\text{C}$ ;  $g=100\text{ g}$ ;  $m=3,291\text{ g}$ ;  $M_{\text{H}_2\text{O}}=18$ ;  $E=0,516\text{ K/mol}$ .

**Noma'lum:**  $t_2=?$

**Yechish:** 1) (IV.23) dan  $m_i$  aniqlanadi:

$$m_i = \frac{m \cdot 1000}{g \cdot M} = \frac{3,291 \cdot 1000}{100 \cdot 18} = 1,83\text{ molyal}.$$

2) (IV.24 dan  $\Delta T$  aniqlanadi:  $\Delta T=T-T_0$  bo'lgani uchun:

$$t-t_0 = E \cdot m_i = 0,516 \cdot 1,83,$$

$$t - 99,605 = 0,9443,$$

$$t = 0,9443 + 99,605 = 100,55^{\circ}\text{C}.$$

Demak, glyukoza eritmasi 100,55°C da qaynaydi.

## Masalalar

322.106 g etil spirtida 8,01 g salitsil kislota eritilgan, eritmaning qaynash haroratini molyar ko'tarilishi  $0.320^{\circ}\text{C}$  ga teng. Etil spirtining solishtirma bug'lanish issiqligi  $906 \text{ J/g}$  bo'lsa, eritmada salitsil kislota molekulalarining massasi qancha bo'ladi?

323.Benzolning qaynash harorati  $353,1 \text{ K}$  ga teng. Uning qaynash haroratidagi bug'lanish issiqligi  $30,773 \text{ kJ/mol}$ . benzolning ebulioskopik konstantasi qancha bo'ladi?

324.Toza  $\text{CS}_2$  ning qaynash harorati  $319,2 \text{ K}$  ga teng. Tarkibida  $0,217 \text{ g}$  oltingugurt va  $19,18 \text{ g}$   $\text{CS}_2$  bo'lgan eritma  $319,304 \text{ K}$  da qaynaydi.  $\text{CS}_2$  ni ebulioskopik konstantasi  $2,37$  ga teng bo'lsa, eritmada oltingugurt molekulasini necha atomdan iborat bo'ladi?

325.Etil spirtining qaynash harorati  $351,4 \text{ K}$ . unda biror modda eritilib, konsentratsiyasi  $0,5 \text{ mol}$  bo'lgan eritma tayyorlangan. Bu eritma  $352 \text{ K}$  da qaynaydi. Etil spirtining bug'lanish issiqligini aniqlang.

326.Quyidagi jadvalda benzol gomologlarining qaynash haroratlari berilgan:

Uglevodorodlar	Qaynash harorati,K	Bug'lanish issiqligi, kJ/mol
Benzol	353,30	30,68
Toluol	383.80	33,40
Etilbenzol	410.00	35,80
Propilbenzol	432,40	38,30
Butilbenzol	456.27	40,00

Berilgan ma'lumotlardan foydalanib, benzol gomologlarining ebulioskopik konstantalarini hisoblab, chiqarilgan qiymatlarni jadvalda berilgan qiymatlar bilan taqqoslab ko'ring.

327. $373 \text{ K}$  da suvning bug'lanish issiqligi  $40,5 \text{ kJ/mol}$ . Suvni va suv bug'ining issiqlik sig'implari  $75.5$  va  $34,2 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$  bo'lsa, suvning  $342$ ;  $373$  va  $403 \text{ K}$  dagi ebulioskopik konstantalarini hisoblab chiqaring.

328.373 K da suvning bug'lanish issiqligi 40.5 kJ/mol. Suv va suv bug'ining issiqlik sig'imlari 75,5 va 34,2 J/mol·K bo'lsa, suvning 343 K dagi ebulioskopik konstantasi va 0,5% li glyukoza eritmasining qaynash haroratining molyar ko'tarilishi qanday bo'ladi?

329. Etil efirining qaynash harorati 307 K. Bug'lanish issiqligini haroratga bog'liqligi  $\frac{\Delta H_{bug}}{T_{kay}} = 89,12 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ ;  $\frac{\Delta H_{bug}}{T_{kay}} = 36,61 + 19,14 \lg T_{qay}$  (J/mol·K), shu Truton qoidasidan foydalanib, 1% li benzoy kislotasi eritmasining qaynash haroratini aniqlang.

330. Benzol va toluol aralashmasini ideal eritma deb hisoblang. 353,1 K da benzolning bug' bosimi  $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  ga teng.

Toza toluolning esa  $0,4776 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Benzol massasiga nisbatan 20% li toluol tutuvchi suyuqlik bilan muvozanatda bo'lgan bug' tarkibi 353,1 K da qanday bo'ladi?

## 5. Binar eritmalarda eritma–qattiq modda muvozanati.

### Krioskopiya

Suyultirilgan eritmalarda muzlash haroratining nisbiy pasayish qiymati, Raul qonuniga muvofiq, eritmaning molyal konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\Delta T_{muz} = K \cdot m_i, \quad (IV.25)$$

bunda:  $K$  – krioskopik konstanta yoki erituvchining muzlash haroratini molyar pasayishi deb ataladi;

$m_i$  – eritmaning molyal konsentratsiyasi.

$K$  quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$K = \frac{R \cdot T_0^2}{\Delta H_{suyuk} \cdot 1000}, \quad (IV.26)$$

bunda:  $T_0$  – toza erituvchining muzlash harorati;

$\Delta H_{suyuk}$  – toza erituvchini solishtirma suyuqlanish issiqligi.

Eritma va toza erituvchining muzlash haroratini tajribada aniqlab, ularning farqi asosida, eritmadagi moddaning molekulyar massasini aniqlash mumkin. Uning uchun (IV.25) formuladagi  $m_i$  ni o'rniga  $m_i = \frac{m \cdot 1000}{g \cdot M}$  qiymat qo'yilsa, quyidagi formula kelib chiqadi:

$$\Delta T = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{g \cdot M} \quad (\text{IV.27})$$

bundan

$$M = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{g \cdot \Delta T} \quad (\text{IV.28})$$

bo'ladi.

**1- misol.** Muzlash harorati  $-1^\circ\text{C}$  bo'lgan glyukozaning suvli eritmasini konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $t = -1^\circ\text{C}$ ;  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t = t_0 - t = 0 - (-1) = 1^\circ\text{C}$ ;  $K = 1.86$ ;  $M_{\text{glyukoza}} = 180$ .

**Noma'lum:**  $m_1 = ?$ ;  $m_2 = ?$

**Yechish:** 1) (IV.25) dan  $m_2$  hisoblanadi:

$$\Delta T = K \cdot m_i \text{ dan } m_i = \frac{\Delta T}{K} = \frac{1}{1.86} = 0,5376 \text{ molyal.}$$

2) Glyukozaning massasi:  $m = m_i \cdot M = 0,5376 \cdot 180 = 96,768 \text{ g}$ .

3) Eritmaning massasi:  $m = 1000 + 96,768 = 1096,768 \text{ g}$ .

4) Eritmaning % konsentratsiyasi:  $1096,768 : 96,768 = 100 : x$ ;  
 $x = 8,823 \%$  li.

**2- misol.** Eritma  $-5^\circ\text{C}$  da muzlamasligi uchun 1 l suvda qancha glitserin eritilishi kerak?

**Berilgan:**  $t = -5^\circ\text{C}$ ;  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t = 0 - (-5) = 5^\circ\text{C}$ ;  $K = 1,86$ ;  $M_{\text{gl}} = 92$ ;  $g = 1000 \text{ g}$ .

**Noma'lum:**  $m = ?$

**Yechish:** (IV.28) dan  $m$  hisoblanadi:

$$M = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{\Delta t \cdot g} \text{ dan } m = \frac{M \cdot \Delta t \cdot g}{K \cdot 1000} = \frac{92 \cdot 5 \cdot 1000}{1,86 \cdot 1000} = 247,31 \text{ g.}$$

**3- misol.** Temir va ko'mirning suyuq aralashmasida 6% C bor. Sof holdagi temirning suyuqlanish haroratini molyar pasayishi 13.18°C, suyuqlanish harorati esa 1530 K ga teng bo'lsa, suyuqlanma necha gradusda qotadi?

**Berilgan:**  $m=6\%$ ;  $T_{Fe}^0=1530\text{ K}$ ;  $K=13.18^\circ\text{C}$ .

**Noma'lum:**  $T=?$

**Yechish:** 1) 1 kg suyuqlanmadagi ko'mirning massasi hisoblanadi:

$$100 : 6 = 1000 : x; x = 60 \text{ g.}$$

2) Ko'mirni mol miqdori hisoblanadi:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{60}{12} = 5 \text{ mol.}$$

3)  $\Delta T = K \cdot n$  yoki  $T_0 - T = K \cdot n$  bundan

$$1530 - T = 13.18 \cdot 5 = 65.9,$$

$$-T = 65.9 - 1530 (-1),$$

$$T = 1530 - 65.9 = 1464.1 \text{ K.}$$

**4- misol.** Zichligi 0.879 g/ml bo'lgan 10 ml benzolda 0.554 g naftalin eritilgan. Eritma 2,981°C da qotadi. Benzolning muzlash harorati 5,5°C ga, suyuqlanish solishtirma issiqligi 127,4 J/g ga teng bo'lsa, eritmadagi naftalinning molekulyar massasi qancha bo'lishi mumkin?

**Berilgan:**  $\rho=0,872\text{g/ml}$ ;  $V=10\text{ml}$ ;  $m=V \cdot \rho=0,879 \cdot 10=8.79\text{g}$ ;  $t_2=5,5^\circ\text{C}$ ;

$$t_1=2,981^\circ\text{C};$$

$$T_0=5,5+273=278,5 \text{ K}; T=2,981+273=275,981 \text{ K}; R = 8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$\Delta T=278,5 - 275,981=2,519^\circ\text{C}; m=0,554 \text{ g}; m_0=8,79 \text{ g}; l_c = 127,4 \text{ J/g.}$$

**Noma'lum:**  $K=?$ ;  $M=?$

1) 
$$K = \frac{R \cdot T_0^2}{l_c \cdot 1000} = \frac{8,314 \cdot 287,5^2}{127,4 \cdot 1000} = \frac{687204,063}{127400} = 5,394 \text{ grad/mol.}$$

$$2) M = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{g \cdot \Delta T} = \frac{5,394 \cdot 0,554 \cdot 1000}{2,519 \cdot 8,79} = \frac{2988,276}{22,142} = 134,96$$

**5- misol.** Noelektrolit eritma  $-2,2^{\circ}\text{C}$  da muzlaydi. Eritmani qaynash harorati va 273 K da bosimi qanday bo'ladi? Shu haroratda toza suvni bug' bosimi 2327,8 Pa ga teng.

**Berilgan:**  $T_0=273 \text{ K}; t=-2,2^{\circ}\text{C}; \Delta t=0 - (-2,2)=2,2^{\circ}\text{C}; K=1,86; T_1=373 \text{ K};$   
 $E=0,52 \text{ K/mol}; p^0=2337,8 \text{ Pa}.$

**Noma'lum:**  $t_2=?; p=?$

**Yechish:** 1)  $\Delta T_M = K \cdot m_i$  dan  $m_i$  topiladi:

$$m_i = \frac{\Delta T_M}{K} = \frac{2,2}{1,86} = 1,183 \text{ molyal}$$

2)  $\Delta T_{\text{qay}} = E \cdot m_i$  dan eritmaning qaynash haroratini ko'tarilish qiymati aniqlanadi:

$$\Delta T_{\text{qay}} = 0,52 \cdot 1,183 = 0,6151^{\circ}\text{C}.$$

$$t_2 = 373 + \Delta t = 373 + 0,6151 = 373,6151 \text{ K}; T_2 = 373,6151$$

3) *Sharl va Gey-Lyussak qonunlari asosida bug' bosimi hisoblanadi:*

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ dan } p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{2337,8 \cdot 373,6151}{373} = 2341,7 \text{ Pa}.$$

**6- misol.** Timolning suyuqlanish issiqligini aniqlash uchun 20 g timol [ $\text{HOC}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)\text{C}_3\text{H}_7$ ] ga 0,5 g qahrabo angidrid [ $(\text{CH}_2\text{CO})_2\text{O}$ ] qo'shilsa, timolning suyuqlanish harorati 321,2 dan 319,2 K ga pasayadi. Timolning mol suyuqlanish issiqligi qanchaga teng?

**Berilgan:**  $m=0,5 \text{ g}; g=20 \text{ g}; M=150 \text{ g}; T_0=321,2 \text{ K}; T_1=319,2 \text{ K};$   
 $\Delta T=321,2 - 319,2=2 \text{ K}; R=8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}.$

**Noma'lum:**  $K=?; L_c=?; L_{\text{mol}}=?$

**Yechish:** 1)  $\Delta T = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{g \cdot M}$  dan  $K = \frac{\Delta T \cdot g \cdot M}{m \cdot 1000}$  bo'ladi.

$$K = \frac{20 \cdot 2 \cdot 150}{0,5 \cdot 1000} = 12$$

2)  $K = \frac{R \cdot T_0^2}{l_s \cdot 1000}$  dan  $l_s = \frac{R \cdot T_0^2}{K \cdot 1000}$  bo'ladi.

$$l_s = \frac{8,314 \cdot (321,2)^2}{12 \cdot 1000} = 71,48 \text{ J/g}$$

3)  $L_{mol} = l_s \cdot M = 71,48 \cdot 150 = 10,722 \text{ kJ/mol}$ .

### Masalalar

331.45% li metil spirtining suvdagi eritmasi necha gradusda muzlaydi?

332.Tarkibida 14.6% kremniy bo'lgan temir – kremniy qotishmasi necha gradusda qotadi? Temirni suyuqlanish haroratining molekulyar pasayishi  $13,18^\circ\text{C}$  va sof temirning suyuqlanish harorati 1530 K ga teng.

333.Sof temirning suyuqlanish harorati 1530 K va temirni suyuqlanish haroratining molekulyar pasayishi  $13,18^\circ\text{C}$  bo'lsa, tarkibida 3.6% C bo'lgan temir–uglerod qotishmasi necha gradusda qotadi?

334.Suyuqlanish harorati 504,61 K, qotish haroratining molyar pasayishi  $34,61^\circ\text{C}$  bo'lgan 440 g qalayda 1,5163 g Cu metalli eritilgan qotishmani harorati 502,692 K ga pasaygan. Qalayda erigan misning molekulyar massasini aniqlang.

335.Toza benzolning muzlash harorati 278.5 K bo'lib, 30.55 g benzolda 0.2242 g kamfora eritilgan eritma 278,254 K da qotadi. Benzolda erigan kamforaning molekulyar massasi qanday bo'ladi?

336.Eritmaning 291 K dagi osmotik bosimi  $2,1077 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  bo'lishi uchun 250 g suvda 7,31 g osh tuzi eritilgan. Eritma necha gradusda muzlaydi?

337.Noelektrolit eritma 269,5 K da muzlaydi. 298 K da toza suvning bug' bosimi 3167,2 ga teng bo'lsa, shu haroratda eritmaning bug' bosimi qancha va erituvchi necha gradusda qaynaydi?

338. Suv va benzolning suyuqlanish haroratlari 0 va 5,5°C, solishtirma suyuqlanish issiqliklari esa 332 va 125 J/g ga teng. Suv va benzolning krioskopik konstantalarini aniqlang.

339. Suvning suyuqlanish harorati 0°C, solishtirma suyuqlanish issiqligi 332 J/g ga teng, 8% li glyukozani suvli eritmasi necha gradusda muzlaydi?

340. Mochevina va sirka kislotalarning suyuqlanish haroratlari 405,1 va 289,65 K, krioskopik konstantalari esa 21,5 va 3,9 ga tengligini hisobga olib, mochevina va sirka kislotalarning suyuqlanish issiqligini aniqlang.

341. Fenolning suyuqlanish harorati 314 K ga teng, unda 0,172 g atsetanilid ( $CH_3-CO-NH-C_6H_5$ ) eritilgan. Fenolning miqdori 12,54 g. SHu eritma 313,25 K da qotadi. Fenolni krioskopik konstantasi va solishtirma suyuqlanish issiqligi (J/g) qanday bo'ladi?

## 6. Eritmalarning osmotik bosimi

Har qanday konsentratsiyali ideal eritmalarning osmotik bosimi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\pi_{id} = -\frac{RT}{V} \ln \frac{p}{p_0} \quad (\text{IV.29})$$

yoki

$$\pi_{id} = -\frac{RT}{V} \ln (1 - x_2) \quad (\text{IV.30})$$

bunda:  $V$  – erituvchining molyar hajmi;

$p_0$  – toza erituvchini bug' bosimi;

$x_2$  – erigan moddaning mol qismi.

Suyultirilgan ideal eritmalarning osmotik bosimini aniqlash uchun Mendeleyev–Klayperon tenglamasidan keltirib chiqarilgan Vant–Goff tenglamasidan foydalaniladi:

$$\pi_{id} = cRT. \quad (\text{IV.31})$$

bunda:  $c$  – eritmaning molyar konsentratsiyasi.

Real eritmalarning osmotik bosimini hisoblashda (IV.29) formulaga osmotik koeffitsiyent ( $g$ ) kiritiladi:



$$\pi_{real} = -g \frac{RT}{V} \ln \frac{p}{p_0}. \quad (IV.32)$$

Osmotik bosim qiymatlaridan foydalanib, real eritmalaridagi erituvchini kimyoviy potentsiali quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\mu = \mu_0 + \frac{\pi_{real}}{\pi_{id}} RT \ln x_1, \quad (IV.33)$$

bunda:  $x_1$  – erituvchining mol qismi.

**1- misol.** 293 K da 100 g suvda 6,84 g saxaroza eritilgan. Uning molekulyar massasi 342 g/mol bo'lsa, eritmaning osmotik bosimi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $T=293$  K;  $m=6.84$  g;  $g=100$  g;  $M=342$

**Noma'lum:**  $\pi = ?$

**Yechish:** 1)  $100 : 6,84 = 1000 : x$ ;  $x = 68.4$  g.

$$2) c = \frac{68,4}{342} = 0,2 \text{ mol/l.}$$

$$3) \pi = cRT = 0,2 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 293 = 4,872 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

**2- misol.** 298 K da 2000 ml suvda 3,68 g mochevina eritilgan. Eritmaning osmotik bosimi 74630 Pa bo'lsa, eritmadagi mochevinaning molekulyar massasi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $T=298$  K;  $V=2000$  ml;  $m=3,68$  g;  $\pi=74630$  Pa.

**Noma'lum:**  $M=?$

**Yechish:** 1)  $V=2000$  ml; bu  $g=2000$  g.

$$2000 : 3,68 = 1000 : x$$
;  $x=1,84$  g.

$$2) \pi = \frac{m}{M} RT \text{ dan } M = \frac{mRT}{\pi} = \frac{1,84 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 298}{74630} = 61,1 \text{ g mol.}$$

**3- misol.** 273 K da  $2,53 \cdot 10^5$  Pa bosim hosil qilish uchun 1 l eritmada qancha noelektrolitni eritish kerak?

**Berilgan:**  $T=273$  K;  $P=2,53 \cdot 10^5$  Pa;  $V=1000$  ml=1 l.

**Noma'lum:**  $n=?$

**Yechish:**  $\pi = nRT$  dan  $n = \frac{\pi}{RT} = \frac{2,53 \cdot 10^5}{8,314 \cdot 10^3 \cdot 273} = 0,552$  mol/l.

**4- misol.** 1 mol saxaroza eritmasining osmotik bosimi 303 K da  $27,7 \cdot 10^5$  ga teng. Suvning zichligi 1000 g/l va bug' bosimi  $0,0438 \cdot 10^5$  Pa ligini hisobga olib, eritma ustidagi bug' bosimini aniqlang.

**Berilgan:**  $T=303$  K;  $P=27,7 \cdot 10^5$  Pa;  $\rho=1000$  g/l;  $p_0=0,0438 \cdot 10^5$  Pa.

**Noma'lum:**  $V=?$ ;  $p=?$

**Yechish:** 1)  $V = \frac{M}{\rho} = \frac{18}{1000} = 0,018$  l

2)  $\pi = -\frac{RT}{V} \cdot 2,303 \lg \frac{p}{p_0}$  dan  $p$  hisoblanadi:

$$27,7 \cdot 10^5 = -\frac{8,314 \cdot 10^3 \cdot 303}{0,018} \cdot 2,303 \lg p - \lg 4380$$

$$27,7 \cdot 10^5 = -322310223,67(\lg p - 3,64147)$$

$$322310223 \lg p = 1173684335 - 2770000$$

$$\lg p = \frac{1170914335}{322310223}$$

$$\lg p = 3,63288; p = 0,56025$$
 Pa.

### Masalalar

342.291 K da glitserinning osmotik bosimi  $3,039 \cdot 10^5$  Pa ga teng. Eritmani 3 marta suyultirib, harorat 310 K ga ko'tarilsa, osmotik bosim qanday bo'ladi?

343.293 K da shakar eritmasining osmotik bosimi  $1,066 \cdot 10^5$  ga teng bo'lsa, shu eritmaning 273 K dagi osmotik bosimi qanday bo'ladi?

- 344.290 K da noelektrolit eritma  $4.82 \cdot 10^5$  Pa bosimga ega. Shu eritma harorati 330 K ga qadar ko'tarilganida, uning osmotik bosimi qancha bo'ladi?
- 345.500 ml eritmada 1.56 g anilin eritilgan. Eritmaning 294 K dagi osmotik bosimi  $0.8104 \cdot 10^5$  Pa bo'lsa, anilinning molekulyar massasi qanday bo'ladi?
- 346.625 ml eritmada 7,5 g shakar eritilgan. 285 K da eritmaning osmotik bosimi  $0.8307 \cdot 10^5$  Pa. Shakarning molekulyar massasi qancha bo'ladi?
- 347.250 ml eritmada 9 g noelektrolit eritilgan, eritmaning osmotik bosimi 273 K da  $4.56 \cdot 10^5$  Pa ga teng. noelektrolitning molekulyar massasi qancha bo'ladi?
- 348.290 K da osmotik bosim  $2,026 \cdot 10^5$  Pa bo'lishi uchun 200 ml suvda necha gramm etil spirtini eritish kerak?
- 349.0,63 mol shakarning 1000 g suvdagi eritmasini 373 K dagi osmotik bosimi qanday bo'ladi?
- 350.291 K da 250 g suvda 7,308 g osh tuzi eritilgan eritmaning osmotik bosimini aniqlang.
351. Suyultirilgan shakar eritmasining muzlash harorati  $-0.939^\circ\text{C}$ , shu haroratda toza suv bug'ining bosimi 563.3 Pa ga teng. Muzning solishtirma issiqlik sig'imi  $6025 \text{ J/mol}$  bo'lsa, eritmaning bug' bosimi qanday bo'ladi?
- 352.373.58 K da biror moddaning suvdagi eritmasining bug' bosimi  $1,0195 \cdot 10^3$  Pa, shu harorat va  $1,0264 \cdot 10^5$  Pa da suvning bug'lanish issiqligi  $40199 \text{ J/mol}$  ga teng. Shu eritmaning molyal konsentratsiyasi qanday bo'ladi?
353. Biror moddaning suvdagi eritmasi  $-1.5^\circ\text{C}$  da muzlaydi. Suvning krioskopik konstantasi 1,86, ebulioskopik konstantasi esa 0,516 ga teng. 298 K da suvning bug' bosimi 3167,74 Pa ga teng. Shu eritmaning 299 K dagi bug' bosimi va qaynash harorati aniqlansin.
354. Zichligi 1,01 g/ml bo'lgan eritmaning 293 K dagi bug' bosimi 2295.8 Pa, suvnik 2338.5 Pa ga teng. Eritmadagi moddaning molekulyar massasi 60 bo'lsa, eritmaning 313 K dagi bug' bosimi qanday bo'ladi?

## 7. Suyuq aralashmalarining bug' bosimi va ularni haydalishi

$A$  va  $B$  suyuqliklar aralashmasi ustidagi bug' bosimi har ikkala komponentning bug' bosimidan iborat bo'ladi. Suyuq aralashmaning umumiy bug' bosimi aralashmadagi komponentlarning parsial bosimlarini yig'indisiga teng:

$$p = p_A + p_B. \quad (IV.34)$$

Agar  $A$  va  $B$  suyuqliklar bir-biri bilan yaxshi aralashsa, aralashma ustidagi har bir komponentning bug' bosimi, bir xil haroratda komponentning toza holatidagi bug' bosimidan kam bo'ladi.

Suyuqliklar aralashmasi ideal eritmalaridan hosil qilingan bo'lsa, u vaqtda aralashmaning bug' bosimi ideal gaz qonuniga bo'ysunadi.

Har bir komponent uchun ideal gaz qonuni asosida parsial bosim qiymati quyidagicha belgilanadi:

$$p_A = p_A^0 \cdot \frac{n_a}{n_a + n_b} = p_A \cdot N_A, \quad (IV.35)$$

$$p_B = p \cdot \frac{n_b}{n_b + n_a} = p_B \cdot N_B, \quad (IV.36)$$

bunda:  $p_A$ — toza  $A$  suyuqlik ustidagi bug' bosimi;

$p_B$ — toza  $B$  suyuqlik ustidagi bug' bosimi;

$N_A = \frac{n_a}{n_a + n_b}$  va  $N_B = \frac{n_b}{n_b + n_a}$  suyuq aralashmadagi komponentlarning mol qismlari:

$$N_A + N_B = 1. \quad (IV.37)$$

Aralashma ustidagi bug' bosimining yig'indisi, suyuqlik bilan bug' muvozanat holatida bo'lishini hisobga olib, (IV.35) va (IV.36) formulalar asosida quyidagicha hisoblanadi:

$$p = p_A^0 \cdot N_A + p_B^0 \cdot N_B \quad (IV.38)$$

(IV.37) dan  $N_A = 1 - N_B$  bo'lgani uchun  $N_A$  qiymati (IV.38) ga qo'yilsa,

$$p = p_A^0 + p_B^0 - p_A^0 N_B \quad (\text{IV.39})$$

kelib chiqadi. (IV.35) va (IV.36) formulalar orasidagi o'zaro bog'liqlik to'g'ri chiziqdan iborat. Buni berilgan diagrammadan ko'rish mumkin.

Absissa o'qiga  $AB$  komponentlarning mol qismlari (%). ordinata o'qiga komponentlarning aralashma bilan muvozanat holatidagi bug' bosimi qo'yiladi.  $p_{AB}^0$  chizig'i o'zgarmas haroratda aralashma tarkibi o'zgarishi bilan muvozanat holatidagi  $A$  komponentning bug' bosimini o'zgarishini ko'rsatadi,  $p_B^0 A$  chizig'i esa  $B$  suyuqlik bug'ining o'zgarishini ko'rsatadi.  $P_A^0 P_B^0$  to'g'ri chiziq suyuq aralashma bilan muvozanatda turgan umumiy bug' bosimini aralashma tarkibi o'zgarishi bilan o'zgarishini ko'rsatadi.

Aralashma ustidagi bug' bosimi ideal gaz qonunlaridan biroz chetga chiqsa, umumiy bosinning o'zgarishini  $p_A^0 p_B^0$  chiziq ko'rsatadi.

Ideal suyuqliklar uchun aralashma ustidagi bug' bosimi bilan tarkib orasidagi bog'liqlik: Raul ( $p_1 = N_1 p_1^0$ ), Genri ( $p_2 = N_2 p_2^0$ ) va Dalton qonuni asosida:

$$\begin{aligned} p_1 &= p \cdot N'_a \\ p_2 &= p \cdot N'_b \end{aligned} \quad \text{dan} \quad \frac{N'_a}{N'_b} = \frac{N_a \cdot p_A^0}{N_b \cdot p_B^0} \quad (\text{IV.40})$$

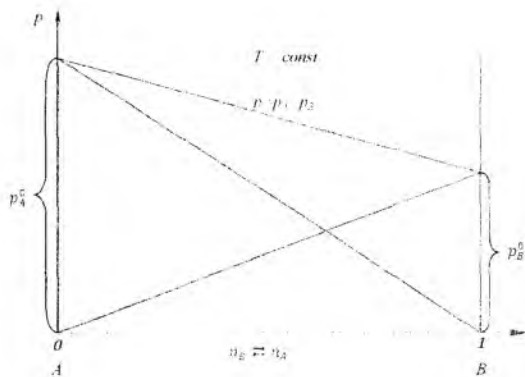
formulalar kelib chiqadi.

Bularda:  $N'_a$  va  $N'_b$  lar  $A$  va  $B$  komponentlar bug'iga to'g'ri keladigan mol qismlari;

$p_A^0$  va  $p_B^0$  lar sof holdagi suyuq komponentlar ustidagi bug' bosimi;

$N_1$  va  $N_2$  lar suyuq aralashmadagi  $A$  va  $B$  komponentlarning mol qismlari.

O'zaro aralashadigan va aralashmaydigan ikki xil suyuqlikdan iborat aralashmalar tarkibini va bug' bosimini aniqlashda diagrammalar va Konovalov qonunlaridan foydalaniladi.



2-rasm. Raul qonuniga muvofiq, tarkib bilan bug' bosimining o'zaro bog'liqlik grafigi

Aralashmalarni haydash uchun Konovalovning ikkita qonuni mavjud.

1) Aralash suyuqlikda qaysi komponent miqdori ko'p bo'lsa, eritma ustidagi bug' tarkibida o'sha moddaning miqdori ko'p bo'ladi.

2) Aralashma ustidagi bug' bosimi, aralashmaga qo'shilgan komponent bug'ining ortishi hisobiga ortadi.

Suyuq aralashma bilan uning ustidagi bug' bosimi, muvozanat holatida bir xil tarkibga ega bo'lgani uchun, umumiy bosim diagrammasida suyuqlik maksimum va minimum qaynash nuqtasiga ega bo'ladi. SHunday nuqtalarga ega bo'lgan aralashmalar azeotrop yoki o'zgarmas haroratda qaynaydigan suyuqliklar deyiladi.

Umumiy bosim diagrammasida maksimum va minimum qaynash nuqtasiga ega bo'lgan aralashmalar haydalganida komponentlardan bittasi va azeotron aralashma haydaladi.

O'zgarmas bosimda aralashmaning qaynash harorati, bug' va aralashma tarkibini aniqlash uchun qaynash diagrammasidan foydalaniladi.

Absissa o'qiga suyuq aralashma tarkibi, ordinata o'qiga qaynash harorati qo'yiladi. Qabariq (do'ng) va botiq egri chiziqlar vujudga keladi.

Botiq egri chiziq suyuqlik egri chizig'i yoki qaynash egri chizig'i, qabariq egri chiziq esa *bug' egrisi* deyiladi.

Agar aralashmadagi suyuqliklar bir-birida erimasa, aralashmadagi har bir komponentning bug' bosimi. ularning toza holatidagi bug' bosimiga teng bo'ladi:

$$p = p_A^0 + p_B^0 \quad (IV.41)$$

U vaqtda berilgan haroratda komponentlar tarkibi va bug' bosimi quyidagi formula bilan belgilanadi:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{p_A^0}{p_B^0} \quad (IV.42)$$

**1- misol.** 100 g suvda 68,4 g saxaroza eritilgan. 293 K da suv bug'ining bosimi  $2,32 \cdot 10^3$  Pa bo'lsa, shu haroratda eritma ustidagi bug' bosimi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $p_1^0 = 2,32 \cdot 10^3$  Pa;  $M_{\text{suv}} = 18$ ;  $M_{\text{sax.}} = 342$ ;  $m_2 = 68,4$ ;  $m_{\text{suv}} = 100$  g.

**Noma'lum:**  $p_1 = ?$ ;

**Yechish:** 1)  $N_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2}$  dan  $n_2 = \frac{68,4}{342} = 0,2$  mol;  $n_1 = \frac{100}{18} = 5,56$  mol.

$$N_i = \frac{0,2}{0,2 + 5,56} = 0,035 \text{ mol.}$$

2) Raul qonuniga muvofiq  $p_i = N_i \cdot p_i^0 = 0,035 \cdot 2320 = 81,2$  Pa.  
Eritma ustidagi suvni bug' bosimi 81,2 Pa.

**2- misol.** 333 K da benzolning bug' bosimi 52329,01 Pa ga teng. toluolni bug' bosimi esa 18598,5 Pa ga teng. Suyuqliklar aralashmasi ideal eritma xossasiga ega bo'lib, aralashmaning umumiy bosimi 33330,6 Pa ga teng bo'lsa, aralashmaning mol qismlarini (%) miqdori va eritma ustidagi bug' tarkibi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $p_{\text{ben}}^0 = 52329,01$  Pa;  $p_{\text{tol}}^0 = 18598,5$  Pa;  $p_{\text{um}} = 33330,6$  Pa.

**Noma'lum:**  $N_a = ?$ ;  $N_b = ?$ ;  $N_a \% = ?$ ;  $N_b \% = ?$ ;  $p_{\text{ben}} = ?$ ;  $p_{\text{tol}} = ?$

**Yechish:** 1) mol qismlar aniqlanadi:

$$a) p = p_A^0 + p_B^0 - p_A^0 N_B$$

$$33330.6 = 52329.01 - (18598.5 - 52329.01)N_{tot}$$

$$N_{tot} = 0.563 \text{ mol.}$$

$$b) p = p_B^0 + p_A^0 - p_B^0 N_A$$

$$33330.6 = 18598.5 - (52329.01 - 18598.5)N_{ben}$$

$$N_{ben} = 0.437 \text{ mol.}$$

$$d) N_{um} = 0.563 - 0.437 = 1 \text{ mol.}$$

$$e) N_B = \frac{0.563}{1} \cdot 100 = 56,3\%$$

$$f) N_A = \frac{0.437}{1} \cdot 100 = 43,7\%$$

2) Har komponentning bug' bosimi hisoblanadi:

$$p_{ben} = p_{ben}^0 \cdot N_{ben} = 52329,01 \cdot 0,437 = 22867,78 \text{ Pa.}$$

$$p_{tot} = p_{tot}^0 \cdot N_{tot} = 18598,5 \cdot 0,56 = 10470,95 \text{ Pa,}$$

$$p_{um.b} = p_{ben} + p_{tot} = 22867,78 + 10470,95 = 33338,73$$

Pa.

$$3) \frac{p_{ben}^i}{p_{tot}^i} = \frac{22867,78}{10470,95} = 2,18 \text{ marta benzolni bug' i ko'p.}$$

**3- misol.** Metil spirti va  $C_6H_6$  aralashmasi berilgan, tarkibida 39%  $CH_3OH$  va 61%  $C_6H_6$  tutuvchi azeotron aralashma hosil bo'ladi. Bu aralashma 303,9 K da qaynaydi. Metil spirti 337.7 K va benzol 353.1 K da qaynaydi. Tarkibida: a) 20%  $CH_3OH$  va 80%  $C_6H_6$ ; b) 60%  $CH_3OH$  va 40%  $C_6H_6$  bo'lgan aralashmalar fraksiyalarga bo'lib haydalganida qaysi modda oldin haydaladi va qaysi biri haydash asbobida qoladi?

**Yechish:**

1) Har ikkala aralashmada birinchi navbatda 303,9 K da azeotron aralashma haydaladi.

2) Azeotropdan so'ng: birinchi aralashmadan  $CH_3OH$  haydalib, asbobda  $C_6H_6$  qoladi. Chunki metil spirtining qaynash harorati past, u tezda bug'lanadi.



3) *Ikkinchi aralashmadan ham birinchi bo'lib CH<sub>3</sub>OH haydalib, asbobda C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> qoladi.*

### Masalalar

355.  $CS_2$ ,  $CCL_4$  bir-birida cheksiz eriydigan suyuqliklar, ya'ni xossasi ideal eritmalarga o'hshagan eritmalar hosil bo'ladi.  $40^\circ C$  da  $CS_2$  ni bug' bosimi 82219,9 Pa,  $CCL_4$  niki esa 28770,97 Pa ga teng. Tarkibida: a) 30% (mol jihatdan)  $CS_2$ ; b) massasi jihatdan 90%  $CS_2$  bo'lgan aralashma muvozanat holatida bo'lganida, shu haroratda aralashmaning umumiy bosimi va har bir komponentning parsial bosimi qanday bo'ladi?

$356.70^\circ C$  da benzol va toluol aralastirilgan. Aralashmada benzol miqdori 0.35 mol, shu haroratda  $C_6H_6$  ning bug' bosimi 72980 Pa.  $C_6H_5 - CH_3$  niki esa 269843,3 Pa ga teng. Aralashmaning umumiy bosimi va to'yingan bug'ning parsial bosimini aniqlang.

$357.20^\circ C$  da 0.6 mol  $C_6H_6$  va *o*-ksilol aralastirilgan. *o*-ksilolning bug' bosimi 1339,7 Pa, benzolniki esa 9953,98 Pa ga teng. Shu haroratda aralashma ustidagi bug' bosimi va bug' tarkibi (mol) qanday bo'ladi?

$358.50^\circ C$  da  $C_6H_6$  ning bug' bosimi 3586,6 Pa. *p*-ksilolniki esa 6561 Pa ga teng bo'lsa. 125 g benzol va 98 g *p*-ksilol aralashmasining umumiy bug' bosimi va aralashma ustidagi bug' tarkibi (mol%) qanday bo'ladi?

$359.60^\circ C$  da etilbenzolning bug' bosimi 10484 Pa,  $C_6H_6$  niki esa 51809 Pa bo'lsa, 200 g  $C_6H_6$  va 300 g etilbenzol aralashmasining umumiy bug' bosimi hamda aralashma ustidagi bug'ning tarkibi (mol%) qanday bo'ladi?

$360.30^\circ C$  da  $C_6H_6$  ning bug' bosimi 15758 Pa, toluolniki esa 48912 Pa ga teng; suyuq aralashma ustidagi bug' tarkibidagi benzol va toluolni mol qismlari aniqlansin.

361. Suyuq organik modda oddiy sharoitda suvda erimaydi. Atmosfera bosimida esa suv bug'i bilan  $98,4^\circ C$  da haydaladi. Shu haroratda suv bug'ining bosimi

95665 Pa ga teng. tarkibida 23.1 % organik suyuqlik tutgan moddaning bug' bosimi va molekulyar massasini aniqlang.

362.  $C_6H_6$  va  $C_6H_5 - Cl$  xossasi ideal eritmalariga o'xshagan aralashma hosil qiladi.  $80^\circ C$  da  $C_6H_6$  ni bug' bosimi 100525,06 Pa ga teng,  $C_6H_5 - Cl$  niki esa 19331, 743 Pa ga teng. Benzolning parsial bug' bosimi  $C_6H_5 - Cl$  ga nisbatan 2 marta ortiq bo'lishini hisobga olib, aralashmaning mol tarkibi (%) va aralashma tarkibi bilan muvozanatda turgan bug'ning tarkibi aniqlansin.

363. Organik modda oddiy sharoitda suvda erimaydi. Normal atmosfera bosimida suv bug'i bilan  $99,3^\circ C$  da haydaladi. Haydalgan kondensat tarkibida organik modda 14,4% ni tashkil qiladi. Shu haroratda suv bug'ining bosimi 98811,3 Pa bo'lsa, organik moddaning molekulyar massasi qancha bo'lishi mumkin?

364. Brombenzol suv bug'i bilan haydalganida, aralashma atmosfera bosimida  $95,25^\circ C$  da qaynaydi. Brombenzolning suvda erimasligini hisobga olib, bug' tarkibidagi brombenzol va suvning mol miqdori orasidagi nisbat va distillat tarkibidagi  $C_6H_5 - Br$  va suvning % miqdori aniqlansin. (Shu haroratda ni  $C_6H_5 - Br$  bug' bosimi 16129,3 Pa ekanligi hisobga olinsin).

## 8. Bir-birida aralashmaydigan suyuqliklar orasida moddalarning taksimlanish koeffitsiyenti

Bir-birida aralashmaydigan yoki bir-birida qiyin eriydigan suyuqliklar orasida moddalarning taqsimlanish koeffitsiyentidan foydalanib, taqsimlangan modda ionlarning aktivligini aniqlash mumkin.

Fazalar o'zaro muvozanatda turganida sistemaga kiritilgan modda molekularida assotsilanish kuzatilmasa, o'zgarmas haroratda o'sha moddaning fazalardagi aktivligi orasidagi nisbat o'zgarmas kattalik bo'ladi:

$$\frac{a_i'}{a_i''} = K(T) \quad (IV.43)$$

bunda:  $K$  – taqsimlanish koeffitsiyenti;

$a_i'$  – modda  $i$  ionining birinchi fazadagi aktivligi;

$a_i''$  – o'sha moddaning ikkinchi fazadagi aktivligi.

Moddalarni bir fazadan ikkinchi fazaga o'tishi assotsilanish bilan sodir bo'lsa, masalan,  $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ ;  $(\text{CH}_3\text{COOH})_3$  ko'rinishida assotsilanish yuz bersa, u vaqtda (IV.43) formula quyidagicha yoziladi:

$$\frac{a_i'^n}{a_i''} = K_{(T)}, \quad (\text{IV.44})$$

bunda:  $n$  – assotsilanish koeffitsiyenti ( $n = 2, 3, 4, \dots$ ).

Suyultirilgan eritmalarda aktivlik o'rniga konsentratsiyadan foydalaniladi :

$$\frac{c_i'}{c_i''} = K_{(T)}. \quad (\text{IV.45})$$

Taqsimlanish koeffitsiyentidan foydalanib, eritmalaridan moddalarni ekstraksiya yo'li bilan ajratib olinadi.

Masalan,  $V_a$  ml eritmada  $g_0$  modda erigan bo'lsa, shu eritma  $V_b$  ml erituvchi bilan ekstraksiya qilinadi. Shu vaqtda taqsimlanish koeffitsiyenti

$$K = \frac{c_a}{c_b} \quad (\text{IV.46})$$

bo'ladi.

Bir marta ekstraksiya qilinganidan so'ng eritmada qolgan modda miqdori  $g_1$  bo'lsa:

$$c_a = \frac{g_1}{V_a} \text{ va } c_b = \frac{g_0 - g_1}{V_b} \quad (\text{IV.47})$$

Bularning o'zaro nisbati:

$$\frac{c_a}{c_b} = \frac{g_1 \cdot V_b}{V_a \cdot g_0 - g_1}, \quad (\text{IV.48})$$

bu asosida birinchi ekstraksiyadan so'ng qolgan modda miqdorini aniqlash

mumkin:

$$g_1 = g_0 \frac{K \cdot V_a}{K \cdot V_a + V_b}. \quad (\text{IV.49})$$

Ikkinchi ekstraksiyadan keyingi eritmada qolgan modda miqdori:

$$g_2 = g_1 \frac{K \cdot V_a}{K V_a + V_b}^2, \quad (IV.50)$$

$n$  marta ekstraksiyadan keyin eritmada qolgan modda miqdori:

$$g_n = g_0 \frac{K \cdot V_a}{K V_a + V_b}^n \quad (IV.51)$$

lardan aniqlanadi.

Umuman ajratib olingan modda miqdori  $g_e = g_0 - g_n$  yoki

$$g_e = g_0 \left( 1 - \frac{K V_a}{K V_a + V_b} \right)^n \quad (IV.52)$$

tenglama yordamida aniqlanadi,

bunda:  $g_e$  – ekstraksiya qilib olingan modda miqdori.

Shuningdek, ekstraksiya qilish darajasi sonini ham aniqlash mumkin.

**1- misol.** 292,5 K da etil spirti va suv aralashmasida xinon eritilgan. Aralashmaning suv qatlamida xinon miqdori 0,2915 mol/l va 0,8415 mol/l, spirt qatlamida esa 0,893 mol/l va 0,2714 mol/l ni tashkil qiladi. Suv va spirt qavatlarida xinonni taqsimlash koeffitsiyentini aniqlang.

**Berilgan:** 1 - spirt qatlamida:  $c_1=0,893$  mol/l;  $c_2=0,2714$  mol/l  
2 - suv qatlamida:  $c'_1=0,2915$  mol/l;  $c'_2=0,8415$  mol/l.

**Noma'lum:**  $K'=?$ ;  $K''=?$

**Yechish:**  $K' = \frac{c_1}{c'_1} = \frac{0,893}{0,2915} = 3,063$ ;  $K'' = \frac{c_2}{c'_2} = \frac{0,2714}{0,8415} = 0,3225$ .  
 $K_{o'rtacha} = \frac{3,063+0,3225}{2} = 1,693$ .

**2- misol.** 2 l suvli eritmada 0,02 g yod erigan bo'lib. shu eritmani 50 ml  $CS_2$  bilan ekstraksiyalanadi. Uni ikki usulda olib borish mumkin: a)  $CS_2$  ning hammasini sistemaga quyish bilan bir yo'la yoki b)  $CS_2$  ni 10 ml dan quyib, ekstraksiyani 5 marta o'tkazish mumkin. Yodning taqsimlanish

koefitsiyenti 0,00167 ga teng bo'lsa, har ikkala usulda ekstraksiya qilinganida eritmada qancha miqdor (%) da modda qolishi mumkin?

**Berilgan:**  $g_{I_2}=0,02$  g;  $V_a = 2000$  ml;  $V_b=50$  ml;  $K=0,00167$ .

**Noma'lum:**  $g_1=?$ ;  $g_n=?$

**Yechish:** Ekstraksiya bir yo'la qilinganida eritmada qolgan modda miqdori (IV.45) formuladan hisoblanadi:

$$a) \quad g_1 = 0,02 \cdot \frac{0,00167 \cdot 2000}{0,00167 \cdot 2000 + 50} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ g.}$$

$$g_2 = 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3,34}{53,34}^2 = 4,9 \cdot 10^{-6}.$$

Ekstraksiya qilib olingandan keyin qolgan  $I_2$  ning % miqdori aniqlanadi:

$$0,02 - 0,0000049 = 0,0199951 \text{ g.}$$

$$0,02 : 100 = 0,0199951 : x; \quad x=99,975\%.$$

Eritmada  $(100 - 99,975)=0,025\%$   $I_2$  qoladi.

b) Bosqichli ekstraksiyadan keyin qolgan  $I_2$  miqdori aniklanadi:

$$g_1 = 0,02 \cdot \frac{0,00167 \cdot 2000}{0,00167 \cdot 2000 + 50} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ g.}$$

$$g_2 = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2504^2 = 3,435 \cdot 10^{-4},$$

$$g_3 = 3,435 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2504^3 = 5,393 \cdot 10^{-6};$$

$$g_4 = 5,393 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2504^4 = 2,12 \cdot 10^{-8}.$$

$$g_5 = 2,12 \cdot 10^{-8} \cdot 0,2504^5 = 20,861 \cdot 10^{-12}.$$

Bosqichli ekstraksiya bilan ajratib olingan  $I_2$  miqdori aniqlanadi:

$$0,02 - 20,861 \cdot 10^{-12} = 0,01999,$$

$$0,02 : 100 = 0,01999 : x; \quad x = 99,95\%.$$

Eritmada  $(100 - 99,95)=0,05\%$   $I_2$  qoladi.

Xulosa qilib aytganda, bosqichli ekstraksiyaga nisbatan bir marta ekstraksiya qilish samarali:  $\frac{0,05}{0,025} = 2$  marta.

### Masalalar

365. Amil spirti bilan suv aralashmasida yodning taqsimlanish koeffitsiyenti 230 ga teng. Muvozanat holatida 1000 l suv qatlamida yodning miqdori 200 g/l bo'lsa, spirt qatlamida qancha yod bo'lishi mumkin?

366. 100 ml yodning suvli eritmasida 0,2 g yod bor, uning taqsimlanish koeffitsiyenti 230 ga teng. Eritmadagi yod ikki usulda ekstraksiya qilinadi: a) 100 ml yodli eritmani bir yo'la 50 ml amil spirti bilan; b) 50 ml amil spirtini besh qismga bo'lib, har safar 10 ml amil spirti bilan ekstraksiya qilinganida eritmadagi yod miqdori qanchaga kamayadi? Qaysi usul ko'proq samarali?

367. Suv bilan  $CCl_4$  aralashmasida yodning taqsimlanish koeffitsiyenti 0,0117 ga teng.  $J_2$  ning suvdagi eritmasiga  $CCl_4$  qo'shib chayqatilganida  $CCl_4$  qatlamida 0,1008 mol  $J_2$  bo'lsa, suv qavatida qancha miqdorda yod qoladi?

368.  $CCl_4$  va suv aralashmasida  $CH_3COOH$  ni o'rtacha taqsimlanishi quyidagicha (100 ml eritmada g modda erigan):

$CCl_4$ qavati, $c'$	0,292	0,363	0,725	1,07	1,41
$H_2O$ qavati, $c''$	48,7	54,2	76,4	93,9	107,0

Cirka kislotasi suvdagi qavatida normal molekulyar massaga ega,  $CCl_4$  qavatidagi  $CH_3COOH$  ni o'rtacha molekulyar massasi va  $K$  qiymatini aniqlang.

369. Suv va benzol aralashmasida fenolni taqsimlanish  $K$  ni aniqlash uchun quyidagi ma'lumotlardan foydalanilsin:

Suv qavati, $c'_{ben}$ mol	0,0316	0,123	0,327	0,750
$C_6H_6$ qavati, $c''_{suv}$ mol	0,077	0,159	0,253	0,390

370. 1 l amil spirtida 10,53 g fenol, 1 l suvda esa 0,658 g fenol eritilgan. Eritmalar 298 K da o'zaro muvozanatda bo'lsa, fenolning 0,4 mol/l konsentratsiyali 500 ml eritmasini 100 ml amil spirti bilan ikki marta ekstraksiya qilib, qancha fenol olish mumkin?

371. 298 K da suv bilan  $CCl_4$  aralashmasida  $J_2$  ning taqsimlanish koeffitsiyenti 0,0117 ga teng. Ikkala erituvchida  $J_2$  ning molekulyar massasi bir xil bo'lsa 500 ml suvdagi eritmadan: a) 99,9%; b) 99,0%; v) 90,0%  $J_2$  ni bir marta ekstraksiya qilish bilan ajratib olish uchun qancha hajm  $CCl_4$  kerak?

372. Suvli eritmadan  $HgJ_2$  benzol bilan ekstraksiyalanadi. Uning uchun 100 ml  $HgJ_2$  ning suvdagi eritmasiga 10 ml  $C_6H_6$  qo'shib chayqatiladi. Muvozanat qaror topganidan keyin suyuqliklar ajratiladi. Suvli qavatga yana 100 ml benzol qo'shib chayqatiladi va hokazo. Eritmadagi  $HgJ_2$  miqdorini 1 mol/l dan 0,001 mol/l ga kamaytirish uchun ekstraksiyani necha marta qaytarish kerak?  $HgJ_2$  ni taqsimlanish  $K=0,026$  ga teng deb olinsin.

373. 291 K da 361,6 ml suvda 1 g yod eritilgan. Suv bilan  $CS_2$  aralashmasida yodni taqsimlanish  $K=590$  ga teng.  $J_2$  ni ikkala erituvchidagi molekulyar massasi bir xil bo'lsa, shu haroratda  $J_2$  ning 1 l suvdagi eritmasi 100 ml  $CS_2$  bilan ekstraksiya qilinganidan so'ng eritma tarkibida qancha yod qoladi?

374. Suv va amil spirt aralashmasida yog' kislotasini taqsimlanish  $K=0,09$  ga teng. Suvli eritmadagi yog' kislotasining konsentratsiyasi 0,05 mol/l bo'lsa, uni 0,012 mol/l ga tushirish uchun eritmaga qancha hajm amil spirti qo'shish kerak?

## 9. Gazlarning suyuqliklarda eruvchanligi. Genri qonuni

Hamma gazlar suyuqliklarda bir xilda erimaydi. Ularning suyuqliklarda eruvchanligi bir qancha omillarga bog'liq. Bunday omillar – gaz va erituvchining tabiati, har xil yog' va yog'simon moddalar qo'shimchasi, harorat va bosimdir. Gazlarning eruvchanligiga bosimni ta'siri Genri qonuni bo'yicha quyidagicha ta'riflanadi: o'zgarmas haroratda ma'lum bir hajmdagi suyuqlikda erigan gazning hajmi bosimga bog'liq bo'lmaydi, balki suyuqlikda erigan gazning miqdori eritma ustidagi bosimga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$c_c = k \cdot P, \quad (IV.53)$$

bunda:  $s_s$  – eritmada erigan gazning massasi;

$k$  – proporsionallik koeffitsiyenti;

$P$  – eritma ustidagi gaz bosimi, eruvchanlikni xarakterlaydi, harorat o'zgarishi bilan o'zgaradi, bosimga bog'liq emas.

Gazlar aralashmasini suyuqliklarda erishi Dalton qonuniga bo'ysunadi. Eritmada erigan har bir gazning massa–konsentratsiyasi eritma ustidagi gaz fazasining parsial bosimga to'g'ri proporsional bo'ladi. Gazlarning suyuqliklarda eruvchanligi quyidagicha ifodalanadi:

a) 101325 Pa – normal bosimda 1 hajm suyuqlikda erigan gazning hajmi bilan (eruvchanlik koeffitsiyent);

b) normal sharoitga keltirilgan va parsial bosimi – 101325 Pa da 1 hajm suyuqlik tomonidan yutilgan gazning hajmi bilan ( absorbsiya koeffitsiyenti  $\alpha$ );

d) 101325 Pa – normal bosimda 100 g erituvchida erigan gaz miqdori (g) bilan;

e) 1 l erituvchidagi gaz miqdori (g yoki mg) bilan ifodalanadi. Eruvchanlik koeffitsiyent  $S$  bilan belgilanadi.

Eruvchanlik koeffitsiyenti ( $S$ ) deyilganda, suyuqlikda erigan gaz konsentratsiyasi ( $s_s$ ) ning suyuqlik ustidagi (gaz fazasidagi) gaz konsentratsiyasi ( $s_g$ ) ga nisbati tushuniladi:

$$S = \frac{c_s}{c_g}, \quad (IV.54)$$

Eruvchanlik bilan absorbsiya koeffitsiyenti orasidagi bog'lanish quyidagi nisbatlar bilan ifodalanadi:

$$\frac{S}{\alpha} = \frac{T}{273}, \quad (IV.55)$$

bunda:  $T$  – harorat K da o'lchanadi. Bu nisbatdan eruvchanlik koeffitsiyenti:

$$S = \alpha \frac{T}{273} \quad (IV.56)$$

bo'ladi

Demak, harorat ko'tarilishi bilan ko'pgina gazlarning eruvchanligi kamayadi. Chunki harorat ortganida suyuqlikning hajmi kengayib, gaz molekularining bosimi pasayib, to'qnashuv kamayib, eruvchanlik ozayadi. Gazlarning



suyuqliklarda eruvchanligini haroratga bog'liqligi Klauzius–Klayperon tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{dT}{dT} = \frac{Q}{T \cdot V_2 - V_1} \quad (IV.57)$$

1- misol. 295 K da  $H_2S$  ni anilinda eruvchanligi ( $s_s$ ) bosimga ko'ra tubandagicha o'zgaradi:

P, Pa	13590	51900	116200	154600
$s_s$ , g/ml	2,74	10,6	24,0	31,6

$\frac{c_s}{p}$  nisbatni aniqlab, eruvchanlikning Genri qonuniga bo'ysunishini izohlab bering.

**Yechish:** Berilgan  $s_s$  va  $p$  lar asosida  $\frac{c_s}{p}$  aniqlanadi:

$$a) \frac{c_s}{p} = \frac{2,74}{13500} = 2,03 \cdot 10^{-4}$$

$$b) \frac{c_s}{p} = \frac{10,6}{51900} = 2,04 \cdot 10^{-4}$$

$$d) \frac{c_s}{p} = \frac{24,0}{116200} = 2,065 \cdot 10^{-4}$$

$$e) \frac{c_s}{p} = \frac{31,6}{154600} = 2,044 \cdot 10^{-4}$$

*p* ortishi bilan gazning eruvchanligi ma'lum vaqtgacha ortib boradi, bu holat Genri qonuni to'g'ri ekanligini isbotlaydi.

2- misol. 293 K da HCl gazining 1 l suvda eruvchanligi 442 l ga teng. hosil bo'lgan eritmaning % konsentratsiyasi qanday bo'lishi mumkin?

**Berilgan:**  $T=293$  K;  $\beta_1=442$  l.

**Noma'lum:**  $c=?$

$$1) \frac{\beta_0}{T_0} = \frac{\beta_1}{T_1} \text{ dan } \beta_0 = \frac{T_0 \cdot \beta_1}{T_1} = \frac{273 \cdot 442}{293} = 411,83 \text{ l.}$$

$$2) 1000 : 411,83 = 100 : x; x = 41,2\%.$$

**3 – misol.**  $H_2S$  ni 273 K da eruvchanligi 4.67 l, 10% li eritma hosil qilish uchun  $H_2S$  ni qanday bosimda suvda eritish kerak?

**Berilgan:**  $T=273\text{ K}; \beta=4.67\text{ l}; m=10\%; n = \frac{10}{34} = 0,294\text{ mol.}$

**Noma'lum:**  $p=?$

**Yechish:**

- 1)  $c_g = \frac{n_c}{\beta} = \frac{0,294}{4,67} = 0,063\text{ mol/l,}$
- 2)  $c_g = \frac{p}{RT}$  dan  $p = c_g \cdot RT = 0,063 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 273 = 1,43 \cdot 10^5\text{ Pa.}$

**4- misol.** Tabiiy quruq gaz tarkibi jihatdan (hajm): 92,2% metan, 0,8% etan, 7,0% azot gazlari aralashgan bo'ladi. 273 K da shu gazlarning eruvchanlik koeffitsiyentlari: 0,0556; 0,0987; 0,0235 ga teng, ayni haroratda suvda erigan gazlarning tarkibi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $V_1=92,2\%; V_2=0,8\%; V_3=7\%; p^0=101325\text{ Pa};$   
 $S_1=0,0556; S_2=0,0987; S_3=0,0235.$

**Noma'lum:**  $c_1=?; c_2=?; c_3=?$

**Yechish:** Gazlarning parsial bosimlari  $p_i=p^0 \cdot V_i$  dan hisoblanadi:

- 1)  $p_1=0,922 \cdot 101325=93421,65\text{ Pa,}$   
 $p_2=0,008 \cdot 101325=810,6\text{ Pa,}$   
 $p_3=0,07 \cdot 101325=7092,75\text{ Pa.}$

2) 1 l suvda erigan gazlarning umumiy hajmi:

$$V_{um}=p(V_1S_1+V_2S_2+V_3S_3)=101325(0,922 \cdot 0,0556+0,008 \cdot 0,0987+$$

$$+0,07 \cdot 0,0235);$$

$$V_{um}=5441\text{ l.}$$

3)  $c = \frac{VP_S}{V_{um}}$  dan har bir gaz tarkibi hisoblanadi:

$$c_1 = \frac{0,922 \cdot 93421,65 \cdot 0,0556}{5441} \cdot 100 = 88,02 \%$$

$$c_2 = \frac{0,008 \cdot 810,6 \cdot 0,0987}{5441} \cdot 100 = 0,0118 \approx 0,012 \%$$

$$c_3 = \frac{0,07 \cdot 7092,75 \cdot 0,0235}{5441} \cdot 100 = 0,214 \%$$

**5- misol.** 303 K da atsetilenning suvga absorbsilanish koeffitsiyenti 0,84 ga teng bo'lsa, shu haroratda  $C_2H_2$  ni suvda eruvchanlik koeffitsiyenti qancha bo'ladi?

**Berilgan:**  $T=303$  K;  $\alpha=0,84$ .

**Noma'lum:**  $S=?$

**Yechish:**  $S = \alpha \frac{T}{T_0} = 0,84 \frac{303}{273} = 0,9323$ .

### Masalalar

375. 273 K da  $H_2$  ning suvda eruvchanligi ( $\beta$ ) ni bosimga bog'liqligi quyidagicha berilgan:

P, Pa	$50,65 \cdot 10^5$	$75,97 \cdot 10^5$	$101325 \cdot 10^5$
$\beta$	1,068	1,601	2,130

Vodorodning suvda eruvchanligini Genri qonuniga bo'ysunishini izohlab bering.

376. 273 K da  $CO_2$  ning suvda eruvchanlik koeffitsiyenti 1,713 ga teng. shu harorat va  $20,26 \cdot 10^5$  Pa bosimda 5 l suvda qancha (l)  $CO_2$  eriydi?

377. K da  $O_2$  ning suvda eruvchanlik koeffitsiyenti 0,0489 ga teng, shu harorat va  $25,32 \cdot 10^5$  Pa bosimda 1 l suvda qancha  $O_2$  eriydi?

378. 273 K va normal bosimda 1 l etilen berk idishda 5 l suv bilan chayqatiladi. Shu haroratda etilening suvda eruvchanlik koeffitsiyenti 0,226 bo'lsa, 101325 Pa

bosimda suvga yutilgan  $C_2H_4$  ni massasi, hajmi va suvda erimay qolgan  $C_2H_4$  ning oxirgi bosimi qanday bo'ladi?

379..301 K da ammiakning suvda eruvchanligi 586 bo'lsa, hosil bo'lgan eritmaning % konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

380..Havo tarkibining hajm jihatdan 20,96%  $O_2$ , 78,1%  $N_2$ , 0,9%  $Ar$ , 0,09%  $CO_2$  gazlari tashkil qiladi. 273 K da shu gazlarning suvda eruvchanligi: 0,0489, 0,0235, 0,058 va 1,713 ga tengligini hisobga olib, suvda erigan havo tarkibini aniqlang.

381.Domna gazning tarkibini hajm jihatdan: 28%  $CO$ ; 2,7%  $H_2O$ ; 0,3%  $CH_4$ ; 0,3%  $H_2S$ ; 10,5%  $CO_2$  va 58,2%  $N_2$  gazlari tashkil qiladi. 273 K da gazlarning eruvchanlik koeffitsiyentlari: 0,0354; 0,0217; 0,056; 4,67; 1,713 va 0,0235 ligini hisobga olib, 273 K da suvda erigan gazlar tarkibini aniqlang.

382.293 K da  $CH_4$  ni suvda absorbsiyalanish koeffitsiyenti 0,0331 bo'lsa, shu harorat va  $5,065 \cdot 10^5$  Pa bosimda 10 l suvda qancha miqdorda metan gazi eriydi?

383.293 K da  $Cl_2$  ni eruvchanlik koeffitsiyenti 2,26 bo'lsa, shu haroratda  $Cl_2$  ni absorbsiyalanish koeffitsiyenti qancha bo'ladi?

384.293 K da  $CH_4$  ni suvda absorbsiyalanish koeffitsiyenti 0,0556 bo'lsa, suvga qancha metan yutilgan bo'lishi mumkin?

## V bob. Elektrolitlar

### 1. Elektrolit eritmalarida muvozanat. Elektrolitlarning dissotsilanishi

Elektrolitlarning dissotsilanish jarayoni qaytardir. Uni quyidagi stexiometrik tenglama bilan ifodalash mumkin:



Elektrolitlardagi bunday muvozanat *dinamik muvozanat* deb ataladi. Shuning uchun ham tenglik ishorasi o'rniga to'g'ri va teskari strekalar qo'yiladi. Massalar ta'siri qonuni asosida dissotsilanish konstantasi quyidagicha yoziladi:

$$K_a = \frac{c_{Me^+} \cdot c_{A^-}}{c_{MeA}} \text{ yoki } K_a = \frac{c_{Me^+} \cdot c_{A^-}}{c_{MeA}} \quad (V.2)$$

bunda:  $c_{Me^+}$ ,  $c_{A^-}$  – dissotsiatsiyalanish natijasida hosil bo'lgan kation va anionlar konsentratsiyasi;

$c_{MeA}$  – dissotsilanmagan molekular konsentratsiyasi.

Dissotsiatsiya konstantasini dissotsilanish darajasi orqali ham aniqlash mumkin.

Agar  $c_{Me^+} = \alpha$ ;  $c_{A^-} = \alpha$ ;  $c_{MeA} = 1 - \alpha$  deb belgilansa (V.2) ni quyidagichayozish mumkin:

$$K_a = \frac{\alpha \cdot \alpha}{1 - \alpha} \cdot c = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} \cdot c \quad (V.3)$$

bunda:  $c$  – elektrolit konsentratsiyasi.

(V.3) formula suyultirilgan elektrolitlarga qo'llaniladi.

Asoslar, kislotalar va tuzlarning suvdagi eritmaları o'z xossasiga ko'ra, suyultirilgan molekulyar eritmalar qonunidan biroz chetga chiqadi. Bir xil konsentratsiyali elektrolit va noelektrolit eritmalarining xossalari o'rganilganida elektrolitlarda noelektrolitlarga nisbatan bug' bosimining nisbiy pasayishi, muzlash haroratining nisbiy pasayishi, qaynash haroratining molyar ko'tarilishi va osmotik

bosim qiymatlari ma'lum miqdorda kam bo'lishi aniqlangan. Chunki S.Arrenius nazariyasiga ko'ra suyultirilgan elektrolitlarda molekularning dissotsilanishidan zarrachalar soni ko'p bo'ladi. Bu holat ionlarni gidratlanishiga erituvchi molekularining ko'p sarflanishiga olib keladi. Gidratlanish (solvatlanish) jarayoni erituvchi molekularining bug'lanishiga to'sqinlik qiladi. Natijada elektrolit eritma ustidagi bug' bosimi noelektrolit eritma ustidagi bug' bosimidan bir muncha kam bo'ladi.

Elektrolitlarning barcha xossalari, bug' bosimiga bog'liq bo'lgani uchun, shunga muvofiq ravishda ularning xossalari o'zgaradi.

Vant-Goff elektrolitlarni molekulyar (noelektrolit) eritmalar bo'ysunadigan qonunlardan chetga chiqishini o'rganib, noelektrolitlar uchun keltirib chiqarilgan formulalarga *i*-izotonik koeffitsiyent kiritishni taklif qiladi.

Elektrolitlarning xossalarni ko'rsatuvchi formulalar Raul qonuni asosida quyidagicha yoziladi:

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = \frac{in_2}{n_1 + in_2} \quad (V.4)$$

bundan

$$p = p^0 \frac{n_1}{n_1 + in_2} \quad (V.5)$$

$$(V.4) \text{ dan } \frac{\Delta p}{p^0} = \frac{in_2}{n_1} \quad (V.6)$$

*n*-larni qiymatlarini o'rniga qo'yilsa, (V.4) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{\Delta p}{p^0} = \frac{\frac{in_2}{M_2}}{\frac{n_1}{M_2} + \frac{in_2}{M_2}} \text{ yoki } \frac{\Delta p}{p^0} = \frac{in_2 M_1}{M_2 m_1} \quad (V.7)$$

Shuningdek,

$$\Delta T_M = i \cdot K \cdot m \quad (V.8)$$

yoki

$$\Delta T_M = \frac{iK \cdot m_i \cdot 1000}{M_2 m_1} \quad (V.9)$$

va

$$\Delta T_{Qay} = i \cdot E \cdot m_i \quad (V.10)$$

yoki

$$\Delta T_{Qay} = \frac{i \cdot m_i \cdot E \cdot 1000}{M_1 m_1} \quad (V.11)$$

ko'rinishda yoziladi.

Vant–Goff qonuniga ko'ra elektrolitlarning osmotik bosimi

$$p_{osm} = icRT \quad (V.12)$$

ga teng bo'ladi

Izotonik koeffitsiyent ( $i$ ) elektrolitlar uchun 1 dan katta ( $i > 1$ ), noelektrolitlar uchun esa  $i=1$  bo'ladi.

Izotonik koeffitsiyentni aniqlash uchun tajriba asosida aniqlangan  $\Delta p$ ,  $\Delta T_M$ ,  $\Delta T_Q$ , va  $\pi$ -larning qiymatini, nazariy hisoblangan shu kattaliklarni qiymatlariga bo'linadi:

$$i = \frac{\Delta P_{taj}}{\Delta P_{naz}} = \frac{\Delta T_{M(taj)}}{\Delta T_{M(naz)}} = \frac{\Delta T_{Q(taj)}}{\Delta T_{Q(naz)}} = \frac{\pi_{taj}}{\pi_{naz}}, \quad (V.13)$$

bunda  $\pi$  – ideal eritmalarining osmotik bosim.

Molekulyar massa yordamida ham  $i$  qiymatini hisoblash mumkin:

$$i = \frac{M}{M_{o'rt}}, \quad (V.14)$$

bunda:  $M$  – elektrolitning molekulyar massasi;

$M_{o'n}$  – elektrolitning ko'rinma, zohiriy massasi, bu dissotsilanmagan ionlar massasini o'rtacha qiymatini ko'rsatadi.

Izotonik koeffitsiyent  $i$  elektrolitni dissotsilanish darajasiga bog'liq; u qancha molekulyonlarga dissotsilanganini bildiradi:

$$i = 1 + \alpha(n - 1). \quad (V.15)$$

bunda:  $n - 1$  molekula dissotsilanishidan hosil bo'lgan ionlar soni (masalan, NaCl

uchun  $n=2$ , chunki  $NaCl$  ikkita ionga parchalanadi:  $NaCl \rightleftharpoons Na^+ +$

$Cl^-$ ).

Izotonik koeffitsiyent elektrolitdagi dissotsilanmagan molekular va hosil bo'lgan ionlar sonining yig'indisi, elektrolit eritmasida dissotsilanmagan molekular sonidan, ionlar soni necha marta ko'pligini ko'rsatadi.

Eritmadagi ionlarning konsentratsiyasi  $c_{ion}$  (g-ion). elektrolitning molyal konsentratsiyasi  $c$  (mol/l) ni. dissotsilanish darajasi  $\alpha$  va ionlar soni  $n$  ni ko'paytmasiga teng:

$$c_{ion} = c \cdot \alpha \cdot n. \quad (V.16)$$

Hozirgi zamon elektrolitik dissotsiatsiya nazariyasiga ko'ra, kuchli elektrolitlarni dissotsilanish darajasi 1 ga teng. Lekin tajribada  $\alpha < 1$  ekanligi ma'lum.

Chunki qisman ionlar molekularga aylanib turadi. Molekula va ionlar orasida dinamik muvozanat borligini yuqorida aytib o'tildi.

Shuning uchun kuchli elektrolitlarning dissotsilanish darajasining qiymatini saqlab qolish maqsadida ko'rinma (samara) dissotsilanish darajasi deb nomlanuvchi atama kiritilgan. Kuchli elektrolitlar nazariyasiga ko'ra,  $i$  o'miga osmotik bosim koeffitsiyenti  $g$  kiritilgan.

Bu koeffitsiyent  $i$  singari elektrolit to'liq dissotsilanganida tajribada aniqlangan osmotik bosim, bug' bosimi va muzlash haroratining nisbiy pasayishi hamda qaynash haroratining nisbiy ko'tarilishi qiymatlarini, nazariy hisoblangan shu kattaliklarning qiymatlariga nisbatini ko'rsatadi:

$$g = \frac{\Delta P_{taj}}{\Delta P_{naz}} = \frac{\pi_{taj}}{\pi_{naz}} = \frac{\Delta T_{M(taj)}}{\Delta T_{M(naz)}} = \frac{\Delta T_{qay(taj)}}{\Delta T_{qay(naz)}}. \quad (V.17)$$

**1- misol.** 348 K da suvning bug' bosimi 3853,02 Pa. 100 g suvda 22 g ammoniy xlorid eritilganda hosil bo'lgan eritmaning bug' bosimi 491,9 Pa ga farq qiladi. Shu eritmadagi ammoniy xloridni ko'rinma dissotsilanish darajasini aniqlang.

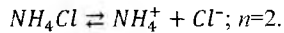
**Berilgan:**  $T=348$  K;  $p=3853,02$  Pa;  $\Delta p=491,9$  Pa;  $m_1=22$  g;  $M_1=53,5$ ;

$$n_1 = \frac{22}{53,5}=0,41 \text{ mol}; m_2=100 \text{ g}; M_2=18; n_2 = \frac{100}{18}=5,56 \text{ mol}.$$

**Noma'lum:**  $i=?$ ;  $\alpha=?$



**Yechish:** 1) Elektrolitning dissotsilanish tenglamasini yozib, ionlar soni  $n$  aniqlanadi:



2)  $\frac{\Delta P}{P^0} = \frac{i n_1}{n_2}$  dan  $i$  aniqlanadi:

$$i = \frac{\Delta P n_2}{P^0 \cdot n_1} = \frac{491,9 \cdot 5,56}{3853,02 \cdot 0,41} = 1,731,$$

3)  $\alpha = \frac{i-1}{n-1} = \frac{1,731-1}{2-1} = 0,7313 = 73,13\%$

**2- misol.** 100 g suvda 2,6 g  $MgCl_2$  eritilgan, eritma  $-1,4^\circ C$  da muzlaydi. Suvni krioskopik konstantasi 1,86 ga teng. Eritmaning izotonik va osmotik koeffitsiyentlarini aniqlang.

**Berilgan:**  $m=2,6$  g;  $g=100$  g;  $t^0=0^\circ C$ ;  $t=-1,4^\circ C$ ;  $\Delta t=0 - (-1,4)=1,4^\circ C$ ;  $K=1,86$ ;  
 $M_{MgCl_2}=95$  g

**Noma'lum:**  $s_{molvat}=?$ ;  $s_{ion}=?$ ;  $i=?$ ;  $\alpha=?$ ;  $M_{ort}=?$

**Yechish:** 1)  $M_{ort} = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{\Delta t \cdot g} = \frac{1,86 \cdot 2,6 \cdot 1000}{100 \cdot 1,4} = 34,543$  g.

2)  $i = \frac{M_{naz}}{M_{ort}} = \frac{95}{34,543} = 2,75$

3) a)  $MgCl_2$  ni 1000 g erituvchidagi massasi hisoblanadi:

$$100 : 2,6 = 1000 : x; x = 26 \text{ g.}$$

b)  $c = \frac{26}{95} = 0,274$  mol'yal.

4) (V.15) dan  $\alpha$  aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{i-1}{n-1} = \frac{2,75-1}{3-1} = 0,875 = 87,5 \%$$

bunda  $n$   $MgCl_2$  ni dissotsilanishidan hosil bo'lgan ionlar soni ( $n=3$ ).

5) (V.16) dan ionlar konsentratsiyasi:

$$c_{ion} = c \cdot \alpha \cdot n = 0,274 \cdot 0,875 \cdot 3 = 0,72 \text{ g-ion/l.}$$

6)  $\Delta t = K \cdot c$  dan eritmaning muzlash harorati aniqlanadi:

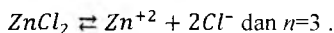
$$\Delta t_M = K \cdot c_{ion} = 1,86 \cdot 0,72 = 1,34^\circ\text{C.}$$

7) (V.17) dan osmotik koeffitsiyent hisoblanadi:

$$g = \frac{\Delta t_{M(taj)}}{\Delta t_{M(naz)}} = \frac{1,34}{1,4} = 0,96.$$

**3- misol.** 1000 g erituvchida 0,01 mol  $ZnCl_2$  eritilgan eritmani ko'rinma  $\alpha=87\%$ , suvning krioskopik konstantasi 1.86 ga teng bo'lsa, shu eritma necha gradusda muzlaydi?

**Berilgan:**  $g=1000 \text{ g}; c=0,01 \text{ mol}; K=1,86; \alpha=87\%=0,87; t^0=0^\circ\text{C}$



**Noma'lum:**  $t_1=?$

**Yechish:** 1)  $c_{ion} = c \cdot \alpha \cdot n = 0,01 \cdot 0,87 \cdot 3 = 0,0261 \text{ g-ion/l.}$

$$2) \Delta t_M = K \cdot c_{ion} = 1,86 \cdot 0,0261 = 0,05.$$

$$3) t^0 - t_2 = 0 - 0,05 = -0,05^\circ\text{C.}$$

Demak, eritma  $273 - 0,05 = 272,95 \text{ K}$  da muzlaydi.

**4- misol.** Zichligi 1,  $\alpha=75\%$  bo'lgan 0,5% li  $MgCl_2$  eritmasining 291 K dagi osmotik bosimi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $\rho=1 \text{ g/ml}; \alpha=75\%=0,75; T=291 \text{ K}; c = 0,5\%; M=95 \text{ g}; n=3.$

**Noma'lum:**  $c=?; \pi=?$

**Yechish:** 1) molyar konsentratsiya aniqlanadi:

$$c = \frac{\rho \cdot m \cdot 1000}{M \cdot 100} = \frac{1 \cdot 0,5 \cdot 1000}{95 \cdot 100} = 0,053 \text{ mol/l}$$

2)  $i$  hisoblanadi:

$$i = 1 + (n - 1) \cdot \alpha = 1 + (3 - 1) \cdot 0,75 = 2,25,$$

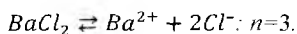
3)  $\pi = icRT = 2,25 \cdot 0,053 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 291 = 2,89 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

**5- misol.** 0,1n  $BaCl_2$  eritmasini  $\alpha=75\%$ , u  $99,6^\circ\text{C}$  da qaynaydi. Shu haroratda toza suvning bug' bosimi 99930 Pa bo'lsa, eritmaning bug' bosimi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $p^0=99930 \text{ Pa}$ ;  $\alpha=75\%=0,75$ ;  $c=0,1n$ ;  $T=99,6+273=372,6\text{K}$ .

**Noma'lum:**  $i=?$ ;  $n_1=?$ ;  $n_2=?$ ;  $p=?$

**Yechish:** 1) tenglamadan  $n$  aniqlanadi:



2)  $i$  hisoblanadi:

$$i = 1 + (n - 1) \cdot \alpha = 1 + (3 - 1) \cdot 0,75 = 2,5.$$

3)  $BaCl_2$  ning massasi topiladi:

a)  $E_{BaCl_2} = \frac{208}{2} = 104$ ; b)  $1 : 104 = 0,1 : x$ ;  $x = 10,4 \text{ g}$ .

b) suvning massasi:  $1000 - 10,4 = 989,6 \text{ g}$ .

d) Eritgan modda va erituvchining mol qismlari hisoblanadi:

$$n_1 = \frac{10,4}{208} = 0,05 \text{ mol}; n_2 = \frac{989,6}{18} = 54,98 \text{ mol}.$$

4) Raul qonuni bo'yicha  $p$  aniqlanadi:

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = \frac{i n_1}{i n_1 + n_2}; \frac{99930 - p}{99930} = \frac{2,5 \cdot 0,05}{2,5 \cdot 0,05 + 54,98}$$

$$99930 - p = 99930 \cdot 0,0022684.$$

$$-p=226,68 - 99930 (-1),$$

$$p=99703,32 \text{ Pa.}$$

**6- misol.** Konsentratsiyasi 0,05 m bo'lgan elektrolit 0°C da  $2,725 \cdot 10^5$  osmotik bosimga ega,  $\alpha=70\%$  ga teng. Elektrolit dissotsilanganda nechta ion hosil bo'ladi?

**Berilgan:**  $c=0,05\text{M}$ ;  $\alpha=70\%=0,70$ ;  $P=2,725 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ;  $T=273 \text{ K}$ .

**Noma'lum:**  $n=?$ ;  $i=?$

**Yechish:** 1)  $\pi=icRT$  dan  $i = \frac{\pi}{cRT} = \frac{2,725 \cdot 10^5}{0,05 \cdot 8,314 \cdot 10^3 \cdot 273} = \frac{2,725 \cdot 10^5}{113486,1} = 2,4$ .

2)  $i=1+(n-1)\alpha$  dan  $n$  hisoblanadi:

$$2,4=1+(n-1) \cdot 0,70$$

$$2,4=(n-1) \cdot 0,70+1$$

$$2,4=0,70n - 0,70+1$$

$$-0,70n = -0,70 - 2,4+1 (-1)$$

$$0,70n = 0,70+2,4 - 1$$

$$0,70n = 2,1$$

$$n = \frac{2,1}{0,7} = 3.$$

**7- misol.** 100 g suvda 0,05 mol alyuminiy sulfat eritilgan. Eritma  $-4,19^\circ\text{C}$  da muzlaydi. Eritmadagi tuzning ko'rinma  $\alpha$  si aniqlansin.

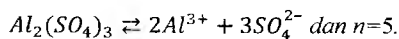
**Berilgan:**  $m=100 \text{ g}$ ;  $c=0,05 \text{ mol}$ ;  $t^0=0^\circ\text{C}$ ;  $t=-4,19^\circ\text{C}$ ;  $\Delta T=4,19^\circ\text{C}$ ;

1000 g eritmada 0,5 mol modda bo'ladi;  $K=1,86$ .

**Noma'lum:**  $i=?$ ;  $\alpha=?$

**Yechish:** 1)  $\Delta t_M = i \cdot c \cdot K$  dan  $i = \frac{\Delta t_M}{K \cdot c} = \frac{4,19}{1,86 \cdot 0,5} = 4,5$

2) Tenglamadan  $n$  aniqlanadi:



3)  $i=1+(n-1)\cdot\alpha$  dan  $\alpha$  aniqlanadi:

$$4,5=1+(5-1)\cdot\alpha; \alpha=0,875=87,5\%.$$

**8-misol.** 33,5 g suvda 0,933 g  $NaBr$  eritilgan, bu eritma  $-0,944^\circ C$  da muzlaydi. Suvning krioskopik konstantasi 1,86. Eritmadagi  $NaBr$  ning ko'rinma  $\alpha$  sini aniqlang.

**Berilgan**  $m=0,933$  g;  $g=33,5$  g;  $M=103$  g;  $t^0=0^\circ C$ ;  $t=-0,944^\circ C$ ;  
 $\Delta t=0 - (-0,944)=0,944^\circ C$ ;  $K=1,86$ .

**Noma'lum:**  $M=?$ ;  $\alpha=?$

**Yechish:** 1)  $M = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{\Delta t \cdot g}$  ko'rinma molekulyar massa hisoblanadi:

$$M = \frac{1,86 \cdot 0,933 \cdot 1000}{0,944 \cdot 33,5} = \frac{1735,38}{31,624} = 54,88.$$

$$2) \alpha = \frac{M_{naz} - M_{gr} \cdot 100}{M_{grt}} = \frac{103 - 54,88 \cdot 100}{54,88} = 87,68\%.$$

### Masalalar

385.328 K da suvning bug' bosimi 157320,4 Pa ga teng. SHu haroratda 1000 g suvda 7,45 g  $KCl$  eritilganida eritmaning bug' bosimi 519,95 Pa ga farq qiladi. Eritmadagi  $KCl$  ni ko'rinma  $\alpha$  si qanday bo'ladi?

386.2,5% li  $KCl$  eritmasi  $-1,2^\circ C$  da muzlaydi. Suvning krioskopik konstantasi 1,86 ekanligini hisobga olib, eritmadagi tuzning dissotsilanish konstantasini aniqlang.

387.353 K da suvning bug' bosimi 47342,772 Pa ga teng. Shu haroratda 44,7 g suvda 9,472 g  $CdJ_2$  eritilsa, eritmaning bug' bosimi qanday bo'lishi mumkin?  $CdI_2$  ni ko'rinma  $\alpha=32,6\%$  ga teng deb olinsin.

- 388.2,5%  $CaCl_2$  eritmasi  $-1.2^\circ C$  da muzlaydi. Suvning krioskopik konstantasi 1.86. Tuzni ko'rinma  $\alpha$  si qanday bo'ladi?
- 389.273 K da konsentratsiyasi 0.1n bo'lgan  $ZnSO_4$  eritmasini bug' bosimi  $1.59 \cdot 10^5$  Pa ga teng, shu tuzning  $\alpha$  sini aniqlang.
- 390.293 K da konsentratsiyasi 0,05n bo'lgan elektrolit eritmasining bug' bosimi  $2.925 \cdot 10^5$  Pa ga.  $\alpha=82\%$  ga teng. Shu elektrolit dissotsilanganda nechta ion ( $n$ ) hosil bo'ladi?
- 391.328 K da suv bug'ini bosimi 157000 Pa. 1000 g suvda 7.45 g  $KCl$  eritilganida bug' bosimi 52 Pa ga pasayadi. Eritmadagi  $KCl$  ni ko'rinma dissotsilanish darajasi qanday bo'ladi?
- 392.298 K da 8 l suvda 1 mol  $KBr$  eritilgan eritmaning bug' bosimi  $5,63 \cdot 10^5$  Pa ga teng. Eritmadagi  $KBr$  ning ko'rinma  $\alpha$  – sini aniqlang.
- 393.100 g suvda 2,25 g  $Na_2SO_4$  eritilgan. Eritma 373,186 K da qaynaydi. Suvning ebulioskopik konstantasi 0,512 K·g/mol. Tuzning  $\alpha$  va  $i$  sini aniqlang.
- 394.100 g suvda 19,46 g  $Na_2SO_4$  eritilgan. Eritmaning qaynash haroratini molyar ko'tarilishi  $1,34^\circ C$  ga teng. Eritmadagi tuzni ko'rinma  $\alpha$  si qancha bo'ladi?
- 395.290 K da konsentratsiyasi 0,1 mol/l bo'lgan  $K_2SO_4$  eritmasining osmotik bosimi 300800 Pa bo'lsa. eritmaning  $i$  va dissotsiatsiya darajasi qanday bo'ladi?
- 396.1000 g suvda 2 mol  $ZnCl_2$  tuzi eritilgan. Eritma  $-5,49^\circ C$  da muzlaydi. Eritmada tuzning ko'rinma  $\alpha$  si qancha bo'ladi?
- 397.100 g suvda 2,05 g  $NaOH$  eritilgan eritmaning qaynash harorati  $0,496^\circ C$  ga ortgan. Eritmadagi ishqorning ko'rinma  $\alpha$  si qanday bo'ladi?

## 2. Kuchsiz elektrolitlarni dissotsilanish konstantasi, Vodород ko'rsatkich. Bufer eritmalar

Kuchsiz elektrolitlar massalar ta'siri qonuniga bo'ysunadi. Binar elektrolitning dissotsilanish tenglamasini umumiy holda ko'rsatib:  $AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$  massalar ta'siri qonuni asosida. uning dissotsilanish konstantasini quyidagicha yoziladi:

$$K = \frac{A^+ B^-}{AB} \quad (\text{V.18})$$

bunda:  $K$  – elektrolitning dissotsilanish konstantasi.

Bu formula suyultirilgan elektrolitlarga muvofiq keladi.

Konsentrlangan yoki boshqa xil elektrolitlarni xossalari o'rganilganida konsentratsiya o'rniga ionlarning aktivligi qiymatidan foydalaniladi.

Eritmadagi elektrolit mol sonini 1 ga teng deb olib, uning bir mol miqdoridan  $\alpha$  qism kation va  $\alpha$  qism anion hosil bo'ladi, deb faraz qilaylik, eritmada dissotsilanmasdan qolgan mol sonlarini aniqlash uchun eritmadagi elektrolitning umumiy mol sonidan dissotsilangan mol qismlar soni ayriladi, ya'ni

$$A^+ = B^- = \frac{\alpha}{V} \text{ ga : } AB = \frac{1-\alpha}{V} \text{ ga teng bo'ladi,}$$

bunda:  $V$  – eritma hajmi.

Shu belgilangan qiymatlar asosida ma'lum  $V$  hajmdagi elektrolitning dissotsilanish konstantasi quyidagicha ifodalanadi:

$$K = \frac{\alpha \cdot \alpha}{1-\alpha} \cdot \frac{1}{V} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha} \cdot \frac{1}{V} \quad (\text{V.19})$$

Suyultirilgan eritmalar uchun  $\frac{1}{V} = c$  deb qabul qilinadi, u holda

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot c}{1-\alpha} \quad (\text{V.20})$$

bo'ladi, bunda:  $c$  – normal konsentratsiya (g-ekv/l).

(V.20) ni Ostvaldning suyultirish qonunini matematik ifodasi deyiladi.

Suyultirilgan elektrolitlarda elektrolitlar to'liq dissotsilangani uchun (V.20) dagi  $\alpha$  ni 1 ga nisbatan juda kichik (mahrajdagi  $\alpha$  ni ko'zda tutilmoqda) qiymat deb, hisobga olinmasa bo'ladi. U holda dissotsilanish  $K_g$  –si

$$K_g = \alpha^2 c \quad (\text{V.21})$$

bilan ifodalanadi. Bundan  $\alpha$  ni aniqlash mumkin:  $K_g = \alpha^2 c$  dan  $\alpha^2 = \frac{K_g}{c}$  yoki

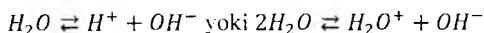
$$\alpha = \sqrt{\frac{K_g}{c}} \quad (\text{V.22})$$

bo'ladi.

Dissotsilanish  $K_g$  sini Vant – Goffni izotermik tenglamasidan ham aniqlash mumkin:

$$\Delta G = -RT \ln K_g. \quad (V.23)$$

Toza suv elektr tokini deyarli o'tkazmaydi, lekin juda oz bo'lsada ionlarga dissotsilanadi:



Suvni dissotsilanish konstantasi quyidagicha yoziladi:

$$K_g = \frac{H^+ \cdot OH^-}{H_2O} \quad (V.24)$$

Suv juda oz miqdorda dissotsilangani uchun, uning molekularini soni o'zgarmas kattalik deb qabul qilingan. U holda,

$$K_c = H_2O = H^+ \cdot OH^- \quad (V.25)$$

$K_c$  doimiy son, ya'ni doimiy kattalik bo'lib, suvning ion ko'paytmasi deyiladi. 25°C yoki 298 K da  $K_c = 1.008 \cdot 10^{-14}$  ga teng deb qabul qilingan.

Toza suvda:  $H^+ = OH^- = \sqrt{1.008 \cdot 10^{-14}} = 1.004 \cdot 10^{-7}$  mol/l yoki  $1 \cdot 10^{-7}$  mol/l.

O'zgarmas haroratda toza suvda va suvli har qanday eritmada suvni ion ko'paytmasi doimiy sonidir ( $10^{-14}$ ).

Ko'pincha eritmalarning xossalari o'rganilayotganda konsentratsiya o'rniga ionlarning aktivlik qiymatlari qo'llaniladi:

$$K_c = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} \quad (V.26)$$

Neytral suvdagi eritmalarda  $a_{H^+} = a_{OH^-}$ , agar eritma o'ta suyultirilgan bo'lsa,  $H^+ = OH^-$  bo'ladi.

Kislota va ishqor eritmalarida ionlar aktivligi bir xil bo'lmaydi. Eritmalarning kislota va ishqoriy xossalarini xarakterlash uchun vodorod ionining aktivligi yoki shu ionlar konsentratsiyasidan foydalaniladi. Bu maqsad uchun "Vodorod ko'rsatkich" ( $pH$ ) tushunchasi kiritilgan. Vodorod ko'rsatkich deb, vodorod ionni aktivligini (konsentratsiyasi) o'nli logarifimning manfiy ishora bilan olingan qiymatiga aytiladi, u mol-ion/l yoki g-ion/l bilan ifodalanadi:

$$pH = -\lg a^{H^+}. \quad (V.27)$$



bunda pH vodorod ko'rsatkich suyultirilgan elektrolitlar uchun esa:

$$pH = -\lg H^+ \quad (V.28)$$

$H^+ \cdot OH^- = 10^{-14}$  logarifmlansa, 298K uchun (V.26) dan

$$pH + pOH = 14 \quad (V.29)$$

kelib chiqadi.

Bunda,  $pOH$  – gidroksil ionlar aktivligini o'nli logarifmining manfiy ishora bilan olingan qiymati.

Suyultirilganda  $pH$  qiymati o'zgaraydigan, kislota va asoslardan ozgina qo'shilganida  $pH$ -i oz o'zgaradigan, aralash eritmalar ga bufer eritmalar deyiladi. Bunday eritmalar tayyorlash uchun kuchsiz kislotaga, o'sha kislotani kuchli asos bilan hosil qilgan tuzi qo'shiladi. Masalan,  $CH_3COOH$  ga  $CH_3COONa$  qo'shilsa, bu atsetat bufer eritma deyiladi.

Kuchsiz kislota va uning tuzidan iborat eritmaning  $[H^+]$  ionining konsentratsiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$H^+ = K \frac{\text{kislota}}{\text{tuz}}, \quad (V.30)$$

bunda:  $K$  – kislota ning dissotsilanish konstantasi;

$[\text{kislota}]$  – bufer aralashmadagi kislota konsentratsiyasi;

$[\text{tuz}]$  – bufer aralashmadagi tuz konsentratsiyasi.

Agar tuz to'liq dissotsilansa:

$$H^+ = K \frac{\text{kislota}}{\text{tuz} \cdot \alpha}. \quad (V.31)$$

bunda  $\alpha$  – tuzning dissotsilanish darajasi.

Kuchsiz kislota va uning tuzidan iborat bufer aralashmada gidroksil ionining konsentratsiyasi quyidagicha ifodalaniladi:

$$OH^- = K \frac{\text{asos}}{\text{tuz} \cdot \alpha}. \quad (V.32)$$

bunda:  $K$  – asosni dissotsilanish konstantasi.

Bir litr bufer aralashmaning  $pH$  qiymatini 1 ga o'zgartirish uchun qo'shiladigan kuchli kislota va asosning mol – ekv soni bufer soni deyiladi.

**1- misol.** Dissotsilanish konstantasi  $6 \cdot 10^{-5}$  bo'lgan 0,02n benzoy kislota eritmasida vodorod ionlarining konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $K=6 \cdot 10^{-5}$ ;  $c = 0,02n$ .

**Noma'lum:**  $\alpha=?$ ;  $[H^+]=?$

**Yechish:** 1)  $\alpha = \frac{\sqrt{K}}{c} = \frac{\sqrt{0,00006}}{0,02} = 0,0548 = 5,48 \%$ ,

2)  $c = \frac{H^+}{\alpha}$  dan  $H^+ = c \cdot \alpha = 0,02 \cdot 0,0548 = 1,1 \cdot 10^{-3}$  g-ion/l.

**2- misol.** 100 g suvda 0,17 g  $Ca(OH)_2$  eritilganida to'yingan eritma hosil bo'ladi. uni zichligi 1 g/ml ga teng bo'ladi. Eritmada  $Ca(OH)_2$  to'liq dissotsilansa, eritmaning  $pH$ -i qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $\alpha=1$ ;  $\rho=1$  g/ml;  $m=0,17$  g;  $M_{Ca(OH)_2}=74$ .

**Noma'lum:**  $pH=?$

**Yechish:** 1) 1000 g erituvchi uchun  $Ca(OH)_2$  miqdori:

$$100 : 0,17 = 1000 : x; x = 1,7 \text{ g.}$$

2)  $c = \frac{1,7}{74} = 0,023 \text{ mol.}$

3)  $c = \frac{H^+}{\alpha}$  dan  $[H^+] = c \cdot \alpha = 0,023 \cdot 1 = 0,023 \text{ g-ion l.}$

4)  $pH = -\lg[H^+] = -\lg[0,023] = 1,638$ .

5)  $pH + pOH = 14$  dan  $pOH = 14 - 1,638 = 12,362 \approx 12,4$ .

**3 – misol.**  $pH$ i 0,37 bo'lgan 0,5n  $HCl$  eritmasini ko'rinma  $\alpha$  si qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $pH=0,37; c = 0,5n$ .

**Noma'lum:**  $\alpha=?$

**Yechish:** 1)  $pH = -\lg[H^+] = 0,37$  bo'lsa,  $c = \frac{H^+}{\alpha}$  dan  $\alpha$  ni aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{H^+}{c} = \frac{0,37}{0,5} = 0,74 = 74\%.$$

**4- misol.** 50 ml 0,25n  $CH_3COOH$  eritmasini  $pH=6$  bo'lishi uchun, unga 0,2n  $CH_3COOH$  dan qancha ml qo'shish kerak bo'ladi?  $K_{kic} = 1,8 \cdot 10^{-5}$  tuz eritmada to'liq dissotsilangan, deb qabul qilinsin.

**Berilgan:**  $c_1=0,25n; \alpha=1; V_1=50$  ml;  $K_{kic} = 1,8 \cdot 10^{-5}; c_2=0,2n$ .

**Noma'lum:**  $V_2=?$

**Yechish:** 1)  $pH=6$  bo'lsa,  $H^+ = 10^{-6}$  bo'ladi.

2)  $H^+ = K \frac{V_2 N_2}{V_1 N_1}$  dan  $V_2$  aniqlanadi:

$$10^{-6} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,2V_2}{0,25 \cdot 50} \text{ dan } V_2 = 3,47 \text{ ml.}$$

### Masala:

398. 0,5 l 0,1n sirka kislotasi eritmasiga qancha suv qo'shilsa, uning  $\alpha$  si ikki marta oshadi?

399. 0,001n  $HCl$ ; 0,005m  $HNO_3$ ; 0,00006m  $H_2SO_4$ ; 0,025m  $KOH$ ; 0,004n  $Ca(OH)_2$ ; 0,000002m  $Mg(OH)_2$  eritmalarining to'liq dissotsilanishini hisobga olib, shu elektrolitlar eritmasining  $pH$  qiymatlarini aniqlang.

400. Dissotsilanish darajasi 0,4% bo'lgan. 1n sirka kislotaning  $pH$  i qanday bo'ladi?

401. Dissotsilanish darajasi 1,3% bo'lgan. 0,1n  $NH_4OH$  ning  $pH$  ini aniqlang.

402.  $pH$  i 2,54 va 11,62 bo'lgan eritmalaridagi  $H^+$  va  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

- 403.1 l suvga: a) 0,01 mol  $NaOH$ : b) 0,00126 m  $HNO_3$  qo'shilsa. eritmaning  $pH$ i qanday bo'ladi?
404.  $pH$ i 12.16 bo'lgan, 0.0156 mol  $Ba(OH)_2$  ning ko'rinma dissotsilanish darajasi qanday bo'ladi?
405. Dissotsilanish darajasi 39,4%,  $pH$ i 2.41 bo'lgan xlorosirka kislotasi eritmasining mol/l konsentratsiyasi qancha bo'ladi?
406. Dissotsilanish konstantasi  $6.27 \cdot 10^{-5}$  bo'lgan 0.1m benzoy kislotasi eritmasining  $pH$ i qanday bo'ladi?
407. Dissotsilanish konstantasi  $1.8 \cdot 10^{-5}$ , dissotsilanish darajasi 2,5% bo'lgan sirka kislotasi  $pH$ i qancha bo'ladi?
408. Konsentratsiyasi 0,1m bo'lgan  $NH_4OH$  eritmasiga konsentratsiyasi 0,1m ga to'g'ri keladigan  $NH_4Cl$  kristallari qo'shilganida.  $NH_4OH$  ni dissotsilanish darajasi qanchaga o'zgaradi?  $K_{NH_4OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ;  $NH_4Cl$  ni  $\alpha = 1$  ga teng, deb qabul qilinsin.
409. Dissotsilanish darajasi 1, dissotsilanish konstantasi  $7,2 \cdot 10^{-10}$  bo'lgan, 0.04m sianid kislotasi  $pH$ i va  $H^+$  ionlari konsentratsiyasi qanday bo'ladi?
410. Eritmaning  $pH$ i 4.44 bo'lishi uchun 0.4m  $CH_3COOH$  va 0,1m  $CH_3COONa$  eritmalarini qanday nisbatlarda aralashtirish kerak?  $K_{CH_3COOH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$  ga teng va  $CH_3COONa$  to'liq dissotsilanadi, deb qabul qilinsin.
411. Eritmani  $pH$ i 9,2 bo'lishi uchun 20 ml, 0,2m  $NH_4OH$  eritmasiga 0,5m  $NH_4Cl$  eritmasidan qancha hajm quyish kerak?  $K_{NH_4OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ,  $NH_4Cl$  to'liq dissotsilandi, deb qabul qilinsin.
412. Eritmaning  $pH$ i 4 bo'lishi uchun 0,5 l, 0,5m  $CH_3COOH$  eritmasiga suvsiz  $CH_3COONa$  tuzidan qancha qo'shish kerak?  $K_{CH_3COOH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$  va  $CH_3COONa$  ning dissotsilanish darajasi 1 ga teng, deb qabul qilinsin.
413.  $NH_4OH$  va  $NH_4Cl$  ning 0,1 eritmasidan 1:9 nisbatida aralashma tayyorlangan. Bu aralashmani  $pH$ i qanday bo'ladi?  $K_{NH_4OH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$  va  $NH_4Cl$  ni  $\alpha = 1$  ga teng deb olinsin.

414.50 ml. 0.2m  $NaH_2PO_4$  va 20 ml, 0,4m  $Na_2HPO_4$  eritmalaridan tayyorlangan fosfat bufer aralashmani  $pH$ i qanday bo'ldi? Agar  $k_{H_2PO_4^-}=1 \cdot 10^{-7}$ ,  $Na_2HPO_4$  ni  $Na^+$  va  $HPO_4^{2-}$  ionlariga dissotsilanish darajasini 1 ga teng deb olinsin.

415.25 ml 0,5m  $NH_4OH$  eritmasiga 25 ml 0,1n HCl eritmasi qo'shilganida hosil bo'lgan eritmaning  $pH$ i qanday bo'ldi?  $k_{NH_4OH}=1.8 \cdot 10^{-5}$  ga teng.

416.100 ml 0,3m  $CH_3COOH$  eritmasiga 30 ml 0,1m  $NaOH$  eritmasi qo'shilganida hosil bo'lgan eritmaning  $pH$ i qanday bo'ldi?  $k_{kis} = 1.8 \cdot 10^{-5}$  ga teng. deb olinsin.

417.10 ml atsetat bufer aralashmasining  $pH$ ini 1 ga o'zgartirish uchun 1n  $NaOH$  eritmasidan 0,52 ml qo'shildi. Aralashmaning bufer hajmini aniqlang.

### 3. Elektrolitlarning aktivligi

Ikkita ionga dissotsilanadigan elektrolitning aktivligi asosida dissotsilanish konstantasini quyidagicha yozish mumkin:

$$k_g = \frac{a_+ \cdot a_-}{a}, \quad (V.33)$$

bunda:  $a_+$  – kation aktivligi;

$a_-$  – anion aktivligi;

$a$  – dissotsialanmasdan qolgan molekullar aktivligi.

Molekula va ionlarning standart sharoitdagi aktivligi deb,  $K_g=1$  bo'lgan holatdagi aktivlik qabul qilingan. Elektrolitlar aktivligi ionlar ko'paytmasi bilan belgilanadi:

$$a = a_+ \cdot a_-, \quad (V.34)$$

$a_+$  va  $a_-$  larning aniq qiymatlarini hisoblash ancha murakkab. Shuning uchun ularning o'rtacha aktivlik qiymati aniqlanadi:

$$a = a_+ \cdot a_-^2, \quad (V.35)$$

Ko'pincha, aktivlik koeffitsiyentidan foydalaniladi:

$$v = \frac{a}{m} \quad (V.36)$$

bundan

$$a = \gamma m \quad (V.37)$$

bo'ladi, bunda:  $m_i$  – elektrolitning molyal konsentratsiyasi;

$\gamma$  – elektrolitning aktivlik koeffitsiyenti.

Kation va anionlarning aktivligi hamda ularning o'rtacha aktivligi quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$a_+ = \gamma_+ \cdot m_i; a_- = \gamma_- \cdot m_i; a = \gamma_{\pm} \cdot m_i \quad (\text{V.38})$$

(V.34) dagi ionlar aktivligining o'rtacha qiymati o'rniga (V.38) dagi qiymat qo'yilsa, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\gamma_{\pm} = \gamma_+ \cdot \gamma_- \quad (\text{V.39})$$

Cheksiz suyultirilgan eritmalarda aktivlik koeffitsiyenti 1 ga teng, deb qabul qilingan.

$$a_+ = m_{i+} = c_+ \text{ va } a_- = m_{i-} = c_- \quad (\text{V.40})$$

bunda:  $m$  – elektrolitning molyal konsentratsiyasi;  $s$  – esa molyar konsentratsiyasi.

Masalani Yechish vaqtida elektrolitning konsentratsiyasi  $s$  bo'lsa, ionlar konsentratsiyasining qanday bo'lishini dissotsilanish konstantasiga qarab aniqlash mumkin.

Elektrolitlardagi ionlarning aktivlik koeffitsiyenti ion zaryadiga va konsentratsiyasiga hamda elektrolitlardagi boshqa ionlarni zaryadi va konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladi.

Har qanday ion uchun aktivlik koeffitsiyenti, eritmadagi ion kuchi ( $J$ ) ni kattaligi bilan belgilanadi.  $J$  esa eritmadagi ionlarni molyar konsentratsiyasini ion zaryadining kvadratini ko'paytmasi yig'indilarini yarim qiymatiga teng bo'ladi:

$$J = \frac{1}{2} c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + \dots c_k z_k^2 = \frac{1}{2} c_i z_i^2. \quad (\text{V.41})$$

Berilgan elektrolitni aktivlik koeffitsiyenti elektrolitning umumiy ionlar konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgani uchun, uni har xil tuzlar aralashmasi uchun ham tajribada aniqlash mumkin.

Suyultirilgan elektrolitlarda bir xil valentlik ionlar hosil bo'lsa, ularning ion kuchlarini bir xil bo'lishi aniqlangan.

Kuchli elektrolitlar nazariyasiga ko'ra, o'rtacha aktivlik koeffitsiyenti bilan ion kuchi orasidagi bog'liqlik Debay va Gyukkel formulasi asosida hisoblanadi:

$$\lg v_{\pm} = -A_{z_+, z_-} \cdot \bar{J} \quad (\text{V.42})$$

bunda:  $z_+, z_-$  – ionlar zaryadi;

$A$  –erituvchining tabiati va haroratga bog‘liq bo‘lgan o‘zgarimas kattalik.

Suvdagi eritmalar uchun 298 K da  $A = 0,5117$ . Debay va Gyukkel formulasi o‘ta suyultirilgan elektrolitlar uchun qo‘llaniladi.

**1 – misol.**  $HBr, CaCl_2, Na_2SO_4, AlCl_3$  va  $Na_3PO_4$  larning 0.1 molyal eritmalarining ion kuchlarini hisoblab, bir-biri bilan taqqoslang.

**Berilgan:**  $m_i = 1$  molyal.

**Yechish:**  $J = \frac{1}{2} c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + \dots + c_K z_K^2 = \frac{1}{2} c_i z_i^2$  dan ion kuchlari hisoblanadi:

$$J_{HBr} = \frac{1}{2} c_1 z_1^2 = \frac{1}{2} 0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2 = 0,1,$$

$$J_{CaCl_2} = \frac{1}{2} 0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 2^2 = 0,25,$$

$$J_{Na_2SO_4} = \frac{1}{2} 0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 2^2 = 0,25,$$

$$J_{AlCl_3} = \frac{1}{2} 0,1 \cdot 3^2 + 0,1 \cdot 1^2 = 0,5,$$

$$J_{Na_3PO_4} = \frac{1}{2} 0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 3^2 = 0,5.$$

**2- misol.** Debay va Gyukkel formulasidan foydalanib, 0.001 mol/l  $CuCl_2$  eritmasidagi ionlar aktivligi va ularning o‘rtacha aktivlik koeffitsiyentini aniqlang.  $A = 0,5117$ .

**Berilgan:**  $c=0,001$  mol/l;  $A = 0,5117$ .

**Noma'lum:**  $\alpha = ?$ ;  $v = ?$ ;  $I = ?$

**Yechish:** 1)  $CuCl_2$  eritmasida ionlar kuchi (V.41) formuladan hisoblanadi:

$$J = \frac{1}{2} (0,001 \cdot 2^2 + 0,001 \cdot 1^2) = 0,0025.$$

$$2) \lg v_{\pm} = -A_{z_+ \cdot z_-} \cdot \bar{z} = -0,5117 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \overline{0,0025}$$

$$\lg v_{\pm} = 1 - 0,05117 = 1,94883;$$

$$v_{\pm} = 0,8889.$$

3) (V.37) dan ionlarning o'rtacha aktivligi hisoblanadi:

$$a = v \cdot c: a = 0,889 \cdot 0,001 = 8,89 \cdot 10^{-4}.$$

### Masalalar

418. Quyidagi jadval ma'lumotlaridan foydalanib:

Elektrolit formulasi	Elektrolitning molyal konsentratsiyasi	O'rtacha aktivlik koeffitsiyenti
a) $KCl$	0,20	0,718
b) $NaNO_3$	0,05	0,820
v) $ZnSO_4$	0,01	0,387
g) $BaCl_2$	0,10	0,500
d) $Na_2SO_4$	0,50	0,266

Tuz molekularining aktivligi va ionlarning o'rtacha aktivligini aniqlang.

419. Quyida 1000 g suvda eritilgan tuzlarning mol konsentratsiyalari berilgan: har qaysi eritmaning ion kuchini aniqlang. a) 0,01 mol  $NaCl$ ; 0,2 mol  $BaCl_2$ ; 0,05 mol  $Al(NO_3)_3$ . b) 0,1 mol  $KNO_3$ ; 0,01 mol  $K_2SO_4$ ; 0,02 mol  $FeCl_3$ . v) 0,05 mol  $CuSO_4$ ; 0,1 mol  $AlCl_3$ ; 0,2 mol  $Na_2SO_4$ . g) 0,002 mol  $Zn(NO_3)_2$ ; 0,05 mol  $NaNO_3$ ; 0,001 mol  $Al_2(SO_4)_3$ .

420. 0,05m  $BaCl_2$  eritmasining ion kuchini hisoblang.  $KCl$  eritmasining ion kuchi  $BaCl_2$  nikidek bo'lishi uchun uning konsentratsiyasi qanday bo'lishi kerak degan savolga javob bering.

421. 0,01 mol  $NaCl$ ; 0,01 mol  $CuCl_2$  va 0,002 mol  $ZnSO_4$  tuzlarining 1000 g suvdagi eritmasi berilgan. Shu eritmalaridagi  $Na^+$  ionining aktivligi va aktivlik koeffitsiyentini aniqlang.



422. 0,002m  $BaCl_2$ ; 0,001m  $Al_2(SO_4)_3$  va 0,005m  $H_3PO_4$  eritmalardagi ionlar aktivligini ilovadagi 0 ma'lumotlaridan foydalanib aniqlang<sup>1</sup>.

423. 1000 g suvda 0,001 mol  $K_2SO_4$  va 0,002 mol  $MgSO_4$  eritilgan. Debay Gyukkel formulasidagi  $A = 0,5117$  bo'lsa, kaliy sulfat tuzi molekularining o'rtacha aktivlik koeffitsiyenti qanday bo'ladi<sup>1</sup>?

424. 100 g suvda  $Ca(OH)_2$  ni eruvchanligi 0,165 ga teng. Aktivlik koeffitsiyenti qiymatini ilovadagi 0 dan olib,  $Ca(OH)_2$  ning eruvchanlik ko'paytmasini aniqlang.

425.  $Ag_3PO_4$  ni 0,1m li  $Mg(NO_3)_2$  eritmasida eritilsa,  $Ag_3PO_4$  ning eruvchanligi toza suvdagiga nisbatan necha marta ortadi<sup>2</sup>?

426.  $BaSO_4$  ning eruvchanlik ko'paytmasi  $1,1 \cdot 10^{-10}$  ga teng.  $BaSO_4$  ning: a) toza suvdagi; b) 0,01m li  $KCl$  eritmasidagi; d) 0,01m li  $BaCl_2$  eritmasidagi eruvchanliklarini aniqlang.

427.  $Ag_2CrO_4$  ning suvdagi eruvchanligi  $1,3 \cdot 10^{-4}$  mol/l bo'lsa: a) 0,02m  $AgNO_3$  va b) 0,05m  $KNO_3$  eritmasidagi eruvchanliklari qanday bo'ladi?

---

#### 4. Elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanligi. Suyultirish qonuni

Erkin elektronlarga ega bo'lgan va ionlardan tashkil topgan, odatda, qattiq va suyuq agregat holatidagi moddalar elektr tokini o'tkazadi.

*Elektr o'tkazuvchanlik* deb, eritmalarining o'zidan ma'lum miqdordagi elektr tokini o'tkazish xossasiga aytiladi.

O'tkazuvchanlik qarshilikning teskari qiymati bilan o'lchanadi. Qarshilik qiymati esa o'tkazgichning uzunligi (sm) va uning ko'ndalang kesimi yuzasi (sm) ga bog'liq bo'lib, quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (V.43)$$

bunda:  $\rho$  – o'tkazgichning solishtirma qarshiligi;

$l$  – o'tgazgich uzunligi;

$S$  – o'tgazgichning ko'ndalang kesimi yuzasi.

---

<sup>2</sup> Massalarni e'ini uchun 8 va 11-javoblar ma'lumotlaridan foydalaning.

Eritmalardagi elektr o'tkazuvchanlik solishtirma elektr o'tkazuvchanlik bilan ifodalanadi. *Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik* deb. 1 sm<sup>2</sup> yuzaga ega bo'lgan va bir-biridan 1 sm uzoqlikda joylashgan elektrodlar orasidagi 1 sm<sup>3</sup> hajmdagi elektrolitning elektr tokini o'tkazishga aytiladi va  $\kappa$  (kappa) harfi bilan ifodalanadi:

$$\kappa = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{S}, \quad (\text{V.44})$$

bunda:  $R$  – umumiy qarshilik, Om;

$\kappa$  – solishtirma elektr o'tkazuvchanlik, Om<sup>-1</sup>·sm<sup>-1</sup> bilan o'lchanadi.

Tajribada elektrolitning elektr o'tkazuvchanligini aniqlash uchun uning qarshiligi (Kolraush sxemasi yordamida) o'lchanadi.

Elektrolit eritmasining qarshiligi ( $R$ ) ni aniqlash uchun Kolraush sxemasida yuqori tebranishli, o'zgaruvchan elektr tokidan qo'llaniladigan kompensatsiya usulidan foydalaniladi.

Bu usulda elektrolitning qarshiligi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\frac{R}{R_{\text{ma'lum}}} = \frac{a}{b}$$

yoki

$$R = R_{\text{ma'lum}} \cdot \frac{a}{b} \quad (\text{V.45})$$

bunda:  $R_m$  – ma'lum qarshilik;

$a$  – idish qarshiligiga to'g'ri keladigan reoxord uzunligi, sm;

$b$  – reoxordning qolgan uzunligi, sm (100 –  $a$ ).

Har qanday elektrolitning elektr o'tkazuvchanligini o'lchash uchun avval asbob doimiyligi  $K = \frac{l}{S}$  aniqlanadi; uning uchun konsentratsiyasi ma'lum bo'lgan  $KCl$  eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanlik ( $\kappa_{KCl}$ ) qiymati aniqlanadi. so'ng ilovadagi odan foydalanib,  $KCl$  eritmasi uchun  $R$  ning qiymati (V.45) asosida, hisoblanadi va asbob doimiyligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$K = \frac{l}{S} = R_{KCl} \cdot \kappa_{KCl}. \quad (\text{V.46})$$

Elektrolitlarning ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik qiymatini. solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni konsentratsiyaga nisbati bilan ifodalanadi.

Bir mol ekvivalent modda uchun hisoblangan elektr o'tkazuvchanlik, o'sha moddaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi deb ataladi va quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\lambda_V = \frac{\kappa \cdot 1000}{c}, \quad (\text{V.47})$$

bunda:  $\lambda_V$  – ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik.  $\text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^2$  (mol–ekvival);  
 $c$  – elektrolit eritma (mol–ekv/l yoki g–ekv/l) konsentratsiyasi.

$\lambda_V$  elektrolit eritma suyultirilganda ortadi. Kolraush qonuniga binoan elektrolitlarni cheksiz suyultirilgandagi  $\lambda_\infty$  si kation va anionlarning harakatchanligini yig'indisiga teng:

$$\lambda_\infty = l_K + l_a, \quad (\text{V.48})$$

bunda:  $l_K$  – kationlarning harakatchanligi;  
 $l_a$  – anionlarning harakatchanligi.

Ionlarning harakatchanligi faradey ( $F$ ) miqdoriga bog'lik. SHuning uchun

$$l_K = Fv_K; l_a = Fv_a \quad (\text{V.49})$$

(V.49) dagi qiymatlari (V.48)ga qo'yilsa, cheksiz suyultirilgandagi ekvivalent o'tkazuvchanlik quyidagi bo'ladi:

$$\lambda_\infty = Fv_K + Fv_a = F(v_K + v_a), \quad (\text{V.50})$$

bunda:  $v_K$  va  $v_a$  – kation va anionlarning absolyut harakat tezliklari;  
 $F$  – Faradey soni (96 500 kulon).

Suyultirilgan elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanlik qiymatini cheksiz suyultirilgandagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik qiymatiga nisbati, cheksiz suyultirilgan elektrolitlarning haqiqiy dissotsilanish darajasini ko'rsatadi:

$$\alpha = \frac{\lambda_V}{\lambda_\infty}. \quad (\text{V.51})$$

Kuchli elektrolitlar uchun (V.51) dagi  $\alpha$  ning elektr o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti ham deb ataladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$\varphi_\lambda = \frac{\lambda_V}{\lambda_\infty} \quad (\text{V.52})$$

Kuchsiz binar elektrolitlar suyultirilgan sari, ularning  $\alpha$  si,  $\lambda_V$  si ortib boradi. Dissotsilanish  $K_g$  si o'zgarmas haroratda doimiy bo'ladi.

Dissotsilanish konstantasi  $K_g$ ,  $\alpha$ ,  $\lambda_V$  va konsentratsiyalar (suyultirilganda) ning o'zaro bog'liqligi quyidagi tenglama bilan ko'rsatiladi:

$$K_g = \frac{\alpha^2 \cdot c}{1 - \alpha^2} \quad (\text{V.53})$$

bundagi  $\alpha$  o'rniga (V.51) dagi qiymat qo'yilsa.

$$K = \frac{\frac{\lambda_V^2 \cdot c}{\lambda_{\infty}}}{1 - \frac{\lambda_V}{\lambda_{\infty}}} \quad (\text{V.54})$$

yoki

$$K_{dis} = \frac{\lambda_V^2 \cdot c}{\lambda_{\infty}(\lambda_{\infty} - \lambda_V)} \quad (\text{V.55})$$

bo'ladi.

Ko'pchilik suyultirilgan elektrolitlar uchun  $c$  kichik qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun (V.55) formulani maxraji qisqartirilib.

$$K_{dis} = \frac{\lambda_V^2 \cdot 1}{\lambda_{\infty} \cdot V} \quad (\text{V.56})$$

ko'rinishda yoziladi.

Kuchli elektrolitlar esa suyultirish qonuniga bo'ysunmaydi.

Eritmalarda elektr toki ionlar orqali o'tadi. Har bir ion bilan tashilayotgan elektr miqdori, ayni ionning tashish soni deyiladi va  $n$  bilan belgilanadi. Demak, kationning tashish soni  $n_K$ , anionniki esa  $n_a$  bilan ifodalansa, ularning qiymati quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$n_a = \frac{v_c}{v_a + v_k} \quad (\text{V.57})$$

bundan

$$n_K = 1 - n_a = 1 - \frac{v_a}{v_a + v_k} \quad (\text{V.58})$$

bo'ladi.

*Ionning absolyut harakat tezligi* deb, 1 sekundada ion 1 sm masofaga yo'nalganida elektr maydon kuchlanishini 1 V pasayishiga aytiladi. Ionlarning absolyut harakat tezliklari  $\text{sm}^2 \cdot \text{sek}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$  bilan ifodalanadi ( $\text{sm}^2/\text{sek} \cdot \text{V}$ ). Ionlarning absolyut harakat tezliklari har xil bo'lgani uchun elektroliz jarayonida anod va

katodda ajralayotgan moddalarning unumini kamayishi har xil bo'ladi. Ularning bog'liqligini quyidagi formulalardan ko'rish mumkin:

$$\frac{\Delta c_a}{\Delta c_k} = \frac{V_K}{V_a} \quad (\text{V.59})$$

$$\frac{\Delta c_K}{\Delta c_a + \Delta c_k} = \frac{V_a}{V_a + V_k} = n_a \quad (\text{V.60})$$

va

$$\frac{\Delta c_a}{\Delta c_a + \Delta c_k} = \frac{V_K}{V_a + V_k} = n_K \quad (\text{V.61})$$

Ionlarning absolyut harakat tezligining Faradey soniga ko'paytmasi *ionlarning harakatchanligi* deyiladi. Ionlar harakatchanligidan foydalanib,  $\lambda_\infty$  ni aniqlash mumkin.

Cheksiz suyultirilgan elektrolitlarda  $\lambda_V$  va ionlarni tashish soni ( $n$ ) ma'lum bo'lsa, ionlarning harakatchanlik qiymatlarini aniqlash mumkin:

$$n_a = \frac{\lambda_a}{\lambda_\infty} \quad \text{va} \quad n_K = \frac{\lambda_K}{\lambda_\infty} \quad (\text{V.62})$$

Elektr o'tkazuvchanlikning o'zgarishiga qarab, rangli elektrolitlarning titrlanish nuqtasi aniqlanadi. Konduktometrik titrlash usulida elektr o'tkazuvchanlik indikator vazifasini bajaradi.

Titrlash nuqtasini aniqlash uchun grafik chiziladi. Absissa o'qiga elektr o'tkazuvchanlik qiymati, ordinata o'qiga titrlash uchun sarflangan eritma hajmi qo'yiladi. Nuqtalar birlashtirilganida hosil bo'lgan egri chiziqning singan nuqtasi asosida titrlashni ekvivalent nuqtasi topiladi.

SHuningdek, elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanligidan foydalanib, qiyin eriydigan moddalarni eruvchanligi, ionlarni aktivlik koeffitsiyentlari va kompleks ionlarning barqarorlik konstantalarini aniqlash mumkin.

**1-misol.** Elektr o'tkazuvchanlik o'lchanadigan asbobga  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  eritmasidan quyib, uning qarshiligi 2,86 Omga teng ekanligi aniqlangan. Yuzasi 5,38  $\text{sm}^2$ , masofasi 0,82 sm bo'lgan elektrodlar orasidagi elektrolitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $l=0,82 \text{ sm}; S=5,38 \text{ sm}^2; R=2,86 \text{ Om}.$

**Noma'lum:**  $\kappa = ?$

**Yechish:**  $\kappa = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{S}$  dan  $\kappa$  hisoblanadi.

$$\kappa = \frac{1}{2,66} \cdot \frac{0,82}{5,38} = \frac{0,82}{5,38} = 5,33 \cdot 10^{-2} \text{ om}^{-1} \text{ sm}^{-1}.$$

**2- misol.** Elektr o'tkazuvchanlik o'lchanadigan asbobga diametri 2,26 sm bo'lgan elektrodlar bir-biridan 1,68 sm uzoqlikda joylashtirilgan bo'lib, asbob 0,05n  $\text{AgNO}_3$  eritmasi bilan to'ldirilib, u orqali 0,5V kuchlanishli 5,95mA tok o'tkazilgan. Eritmaning solishtirma va  $\lambda_V$  sini aniqlang.

**Berilgan:**  $D=2,26$  sm;  $l=1,86$  sm;  $E=0,5$  V;  $J=5,95$  mA;  $A = 0,00595$  A;  $c = 0,05$ n

$$R = \frac{E}{J} = \frac{0,5}{0,00595} = 84,034 \text{ Om}.$$

**Noma'lum:**  $\kappa = ?$ ;  $\lambda_V = ?$

**Yechish:** 1) (V.44) dan  $\kappa$  hisoblanadi:

$$K = \frac{1,68}{2,26} = 0,7434,$$

$$\kappa = \frac{K}{R} = \frac{0,7434}{84,034} = 8,85 \cdot 10^{-3} \text{ om}^{-1} \text{ sm}^{-1}.$$

$$2) \lambda_V = \frac{\kappa \cdot 1000}{c} = \frac{0,0088459 \cdot 1000}{0,05} = 176,92 \text{ om}^{-1} \text{ sm}^2 (\text{mol} - \text{ekv})^{-1}.$$

**3- misol.** 4,2% li  $\text{KOH}$  eritmasining 291 K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $0,1464 \text{ om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ , zichligi  $1,033 \text{ g/ml}$  bo'lsa, eritmaning  $\lambda_V$  va  $\text{OH}^-$  ionlarini konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $m=4,2\%$ ;  $\kappa=0,1464 \text{ om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ ;  $\rho=1,033 \text{ g/ml}$ .

**Noma'lum:**  $\alpha = ?$ ;  $c_{\text{OH}^-} = ?$ ;  $\lambda_1 = ?$ ;  $\lambda_\infty = ?$

**Yechish:** 1) 4.2% ni normal konsentratsiyaga aylantiriladi:

$$c = \frac{m \cdot \rho \cdot 1000}{E_{\text{KOH}} \cdot 100} = \frac{4,2 \cdot 1,038 \cdot 1000}{56 \cdot 100} = 0,7785 \text{ n.}$$

2) (V.47) dan  $\lambda_V$  aniqlanadi:

$$\lambda_V = \frac{\kappa \cdot 1000}{c} = \frac{0,1464 \cdot 1000}{0,7785} = 188,1 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^2 (\text{mol} - \text{ekv})^{-1}.$$

3) Kolraush qonuni asosida cheksiz suyultirilgan eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi hisoblanadi:

$K^+$  va  $OH^-$  ionlarining harakatchanlik qiymatlarini ilovadagi o'dan olinadi:  $l_{K^+} = 42,4$ ;  $l_{OH^-} = 174$ .

$$\lambda_{\infty} = l_{K^+} + l_{OH^-} = 42,4 + 174 = 216,4 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^2 (\text{mol} - \text{ekv})^{-1}.$$

4) (V.50) dan  $\alpha$  hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{\lambda_V}{\lambda_{\infty}} = \frac{188,1}{216,4} = 0,869 = 86,9\%.$$

5) Ionlar konsentratsiyasi aniqlanadi:

$$c_{\text{ion}} = \alpha \cdot c = 86,9 \cdot 0,7785 = 0,6765 \text{ g-ion/l.}$$

4- misol ( $C_2H_5NH_3^+$ ) ionlarining harakatchanligi  $58,6 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^2/\text{g-ekv}$  bo'lgan etilamin ( $C_2H_5NH_2$ ) eritmasining hajmi 16 litrga suyultirilganida solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $1,312 \cdot 10^{-3} \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$  ga teng bo'lsa, eritmaning dissotsilanish darajasi va  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasi hamda dissotsilanish konstantasi qiymatlari qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $V=16 \text{ l}$ ;  $\kappa=1,312 \cdot 10^{-3} \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ ;  $l_{C_2H_5NH_3^+}=58,6$ ;  $l_{OH^-}=174$ .

$$\lambda_{\infty} = l_{C_2H_5NH_3^+} + l_{OH^-} = 58,6 + 174 = 232,6 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^2 (\text{mol} - \text{ekv})^{-1}.$$

**Noma'lum:**  $\alpha=?$ ;  $c_{OH^-}=?$ ;  $\lambda_V=?$ ;  $c=?$ ;  $K=?$

**Yechish:** 1) (V.47) dan  $s$  aniqlanadi:  $c = \frac{\kappa \cdot 1000}{\lambda_{\infty}} = \frac{1,312 \cdot 10^{-3} \cdot 1000}{232,6} = 5,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l.}$

$$2) \lambda_V = \frac{\kappa \cdot 1000}{c} \text{ dan } c = \frac{1}{\lambda_V} \cdot \text{shuning uchun}$$

$$\lambda_V = 1,312 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 16 = 20,992 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^2 (\text{mol} \cdot \text{ekV})^{-1}$$

3) (V.52) dan  $\alpha$  hisoblanadi:

$$\alpha = \frac{20,992}{232,6} = 0,09025 = 9,025\%$$

4)  $\text{OH}^-$  konsentratsiyasi aniqlanadi:

$$c_{\text{OH}^-} = \alpha \cdot c = 0,09025 \cdot 0,00564 = 5,09 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion/l}$$

5) (V.55) dan  $K$  hisoblanadi:

$$K = \frac{20,992^2 \cdot 0,00564}{232,6 \cdot 232,6 - 20,992} = 5,05 \cdot 10^{-5}$$

**5- misol.** 291 K da elektr o'tkazuvchanlik asbobiga 0,02n  $\text{KCl}$  eritmasi quyib, karishiligi o'lcanganida, u 35,12 Om ga teng ekanligi ma'lum bo'ladi. Keyin shu asbobga 0,1n  $\text{CH}_3\text{COOH}$  eritmasi quyib, qarshiligi o'lcanganida, u 178 Om ni ko'rsatgan. Sirka kislotaning  $\alpha$  va  $K$  larini aniqlang.

**Berilgan:**  $c_{\text{KCl}}=0,02\text{n}$ ;  $s_{\text{sirka}}=0,1\text{n}$ ;  $R_{\text{KCl}}=35,12 \text{ Om}$ ;  $R_{\text{kie}} = 178 \text{ Om}$ ;  
 $\kappa=0,002399 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$ .

**Noma'lum:**  $\alpha=?$ ;  $\lambda_V=?$ ;  $K_g=?$

**Yechish:** 1) (V.46) dan asbob doimiyiligi hisoblanadi:

$$K = \kappa_{\text{KCl}} R_{\text{KCl}} = 0,002399 \cdot 35,12 = 0,0843.$$

2) (V.44) dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ning  $\kappa$  gi aniqlanadi  $\kappa = \frac{K}{R}$ .

$$\kappa = 0,0843 \cdot \frac{1}{178} = 4,733 \cdot 10^{-4} \text{ om}^{-1}\text{sm}^{-1}.$$

3) (V.47) dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ni  $\lambda_V$  gi aniqlanadi:

$$\lambda_V = \frac{4,734 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}{0,1} = 4,733 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2 \text{mol} \cdot \text{ekV}$$



4) Ilovadagi  $\kappa$  dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ionlarining harakatchanlik qiymatlari olinadi:

$$l_{\text{H}^+} = 315; l_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 35.$$

$$\lambda_r = l_{\text{H}^+} + l_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 315 + 35 = 350 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2 \text{ mol}^{-1}\text{ekv.}$$

$$5) \alpha = \frac{\lambda_V}{\lambda_{\infty}} = \frac{4.733}{350} = 0,0135 = 1,35\%.$$

6) (V.55) dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ni dissotsilanish K-si:

$$K_g = \frac{4.733^2 \cdot 0.1}{350 \cdot 350 - 4.733} = \frac{2.24013}{120843.45} = 1,85 \cdot 10^{-5}.$$

**6- misol.** 291 K da 1.64%  $\text{NH}_4\text{OH}$  ni solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $6.86 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ , zichligi 0.996 g/ml bo'lib, dissotsilanish konstantasi  $1.79 \cdot 10^{-5}$  ga teng. CHeksiz suyultirilgan  $\text{NH}_4\text{OH}$  eritmasining  $\lambda_V$  sini aniqlang.

**Berilgan:**  $m=1.64\%$ ;  $\kappa=6.86 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ ;  $\rho=0.996 \text{ g/ml}$ ;  $K=1.79 \cdot 10^{-5}$ .

**Noma'lum:**  $c=?$ ;  $\lambda_V=?$ ;  $\lambda_{\infty}=?$

**Yechish:** 1)  $\text{NH}_4\text{OH}$  ni  $c$  hisoblaymiz:

$$c = \frac{\rho \cdot m \cdot 1000}{E_{\text{NH}_4\text{OH}} \cdot 100} = \frac{1.64 \cdot 0.996 \cdot 1000}{35 \cdot 100} = 0,467 \text{ n.}$$

2) (V.47) dan  $\lambda_V$  aniqlanadi:  $\lambda_V = \frac{\kappa \cdot 1000}{c}$ .

$$\lambda_V = \frac{6.86 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}{0,467} = 1,469 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2 \text{ mol}^{-1}\text{ekv.}$$

3) (V.58) dan  $\lambda_{\infty}$  aniqlanadi:

$$K = \frac{\lambda_V^2 \cdot c}{\lambda_{\infty}(\lambda_{\infty} - \lambda_V)} \text{ dan } \lambda_{\infty}(\lambda_{\infty} - \lambda_V) = \frac{\lambda_V^2 \cdot c}{K} \text{ bo'ladi.}$$

$$\lambda_{\infty}^2 - 1,469\lambda_{\infty} = \frac{1,469^2 \cdot 0,467}{1,79 \cdot 10^{-5}} \text{ dan } \lambda_{\infty} = 238,01 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2 \text{ mol}^{-1}\text{ekv.}$$

4) Ilovadagi 0 ma'lumotlari asosida Kolraush qonuni bo'yicha  $\lambda_{\infty}$  aniqlanadi:  $\lambda_{\infty} = l_{NH_4^+} + l_{OH^-} = 63,6 + 174 = 237,6$ .

Xulosa qilib aytganda,  $\lambda_{\infty nat} \approx \lambda_{\infty amal}$ , ya'ni  $237,6 \approx 238,01$ .

7- misol. 291 K da valerian kislotasi ( $C_4H_9COOH$ ) kationining absolyut harakat tezligi  $3,242 \cdot 10^{-3}$  va anioniniki esa  $2,662 \cdot 10^{-4}$   $sm^2/soniya \cdot V$  bo'lsa, shu kislotaga cheksiz suyultirilgandagi  $\lambda_{\infty}$  ni qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $V_K = 3,242 \cdot 10^{-3}$   $sm^2/soniya \cdot V$ ;  $V_A = 2,662 \cdot 10^{-4}$   $sm^2/sek \cdot V$ .

**Noma'lum:**  $\lambda_{\infty} = ?$

**Yechish:** Kolraush qonuni asosida:

$$\lambda_{\infty} = F(V_K + V_A) = 96500(3,242 \cdot 10^{-3} + 2,662 \cdot 10^{-4}) = 338,54 \text{ } Om^{-1}sm^2/mol-ekv.$$

8-misol. 0,1m  $CaCl_2$  eritmasi  $-0,482^{\circ}C$  muzlaydi. Shu eritmani  $\lambda_V = 82,7$   $Om^{-1}sm^2/mol-ekv$ , cheksiz suyultirilganida esa,  $115,8$   $Om^{-1}sm^2/mol-ekv$ , zichligi 1,008 g/ml bo'lsa, elektrolitni  $\alpha$  ni: a)  $\lambda_V$  va b) eritmaning muzlash haroratini pasayishi bo'yicha aniqlansin.

**Berilgan:**  $c = 0,1m$ ;  $t_2 = -0,482^{\circ}C$  yoki  $\Delta t = 0,482^{\circ}C$ ;  $\lambda_V = 82,79$   $Om^{-1}sm^2/mol-ekv$ ;

$$\lambda_{\infty} = 115,8 \text{ } Om^{-1}sm^2/mol-ekv; \rho = 1,008 \text{ g/ml}.$$

**Noma'lum:**  $\alpha_1 = ?$ ;  $\alpha_2 = ?$

**Yechish:** 1) (V.51) dan  $\alpha_1$  hisoblanadi:  $\alpha_1 = \frac{\lambda_V}{\lambda_{\infty}} = \frac{82,79}{115,8} = 0,715 = 71,5\%$

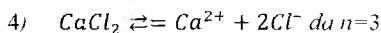
2) 0,1m  $CaCl_2$  eritmadagi tuz va suv miqdori aniqlanadi:

$$M_{CaCl_2} = 111 \text{ g/mol}.$$

- a)  $1 : 111 = 0,1 : x$ ;  $x = 11,1$  g.  
 b)  $m = V \cdot \rho = 1000 \cdot 1,008 = 1008$  g.  
 v)  $g = 1008 - 11,1 = 996,9$  g  $H_2O$

3) *i* hisoblanadi:  $M = \frac{i \cdot K \cdot m \cdot 1000}{\Delta T_M \cdot g}$  dan

$$i = \frac{\Delta T_M \cdot g \cdot M}{K \cdot m \cdot 1000} = \frac{0,482 \cdot 996,9 \cdot 111}{1,86 \cdot 11,1 \cdot 1000} = 2,58.$$



5)  $\alpha = \frac{i-1}{n-1} = \frac{2,58-1}{3-1} = 0,79 = 79\%$

**9- misol.** 291 K da  $BaSO_4$  ning to'yingan eritmasini  $\kappa_{si} = 2,623 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$  bo'lsa, shu haroratda suvniki esa  $4,00 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$  bo'lsa, eritmadagi  $BaSO_4$  ning (mol/l) konsentratsiyasi qanday?

**Berilgan:**  $\kappa_{\text{tuz}} = 2,623 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ ;  $\kappa_{\text{suv}} = 4,00 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ ;

$$l_{Ba^{2+}} = 2 \cdot 54,4 = 108,8; l_{SO_4^{2-}} = 2 \cdot 68,7 = 137,4$$

$$\lambda_{\infty} = 108,8 + 137,4 = 246,2 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2 / \text{mol-ekv.}$$

**Noma'lum:**  $c = ?$

**Yechish:** 1) Tuzning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi:

$$\kappa = 2,623 \cdot 10^{-6} - 4,00 \cdot 10^{-8} = 2,583 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2 / \text{mol-ekv.}$$

2) (V.47) dan  $c$  aniqlanadi:

$$\lambda_V = \frac{\kappa \cdot 1000}{c} \text{ dan } c = \frac{\kappa \cdot 1000}{\lambda_V} = \frac{2,583 \cdot 10^{-6} \cdot 1000}{246,2} = \frac{2,583 \cdot 10^{-3}}{246,2} =$$

$$1,05 \cdot 10^{-5} \text{ mol l.}$$

**10- misol.** 25 ml  $HCl$  eritmasi 1,5n  $NaOH$  bilan titrlanganida quyidagi natijalar olingan:

1.5n NaOH, V ml	0	4,50	6,25	10,00
$\kappa \cdot 10^{-3} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$	8,72	2,15	2,90	2,52

Shu natijalarga asoslanib, HCl ning normal konsentratsiyasini aniqlang.

**Berilgan:**  $c_1=1.5n$ ;  $V=25 \text{ ml}$ .

**Noma'lum:**  $V_{\text{ishqor}}=?$ ;  $c_{\text{HCl}}=?$

**Yechish:** 1) Absissa o'qiga ishqor hajmi, ordinata o'qiga  $\kappa$  miqdorlarini yuqorida keltirilgan jadvaldagi qiymatlardan qo'yiladi. Grafik chiziladi va undan titrlash nuqtasi topiladi: uning 4,5 hajmga to'g'ri kelishi aniqlangan. Demak, titrlash nuqtasiga to'g'ri kelgan hajm 4,5 ml ga teng.

$$2) N_{\text{HCl}} = \frac{V \cdot N}{V_{\text{HCl}}} = \frac{4,5 \cdot 1,5}{25} = 0,27 \text{ n.}$$

**11- misol.** 298 K da cheksiz suyultirilgan HCl eritmasidagi  $H^+$  ionlarining elektr tashish soni 0.8209. shu haroratda eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi  $426 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2$  bo'lsa.  $H^+$  va  $Cl^-$  ionlarining absolyut harakat tezliklari qanday?

**Berilgan:**  $n=0,8209$ ;  $\lambda_{\infty}=426 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2$ .

**Noma'lum:**  $V_{H^+}=?$ ;  $V_{Cl^-}=?$ ;  $l_{H^+}=?$ ;  $l_{Cl^-}=?$

**Yechish:** 1) (V.62) dan  $l_{H^+}$  hisoblanadi:

$$n_{H^+} = \frac{l_{H^+}}{\lambda_{\infty}} \text{ dan } l_{H^+} = n_{H^+} \cdot \lambda_{\infty} = 0,8209 \cdot 426 = 349,7$$

sm/soniya.

$$2) l_{H^+} = FV_k \text{ dan } V_k = \frac{l_{H^+}}{F} = \frac{349,7}{96500} = 3,624 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ soniya.}$$

3) (V.58) dan  $n_{Cl^-}$  hisoblanadi:

$$n_{Cl^-} = 1 - n_{H^+} = 1 - 0,8209 = 0,1791,$$

4)  $l_{Cl^-} = \lambda_{\infty} \cdot n_{Cl^-} = 0,1791 \cdot 426 = 76,3 \text{ sm}^2/\text{soniya}$ ,

5)  $V_{Cl^-} = \frac{l_{Cl^-}}{F} = \frac{76,3}{96500} = 7,91 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{soniya}$ .

### Masalalar

428. Elektr o'tkazuvchanlik o'lchanadigan asbobga diametri 2,26 sm bo'lgan yumaloq elektrodlar bir-biridan 1,68 sm uzoqlikda joylashgan bo'lib, unga 0,01n  $AgNO_3$  eritmasi quyilgan va shu eritma orqali 0,5 V quchlanishli 1,17 mA tok o'tkazilganida, eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi va  $\lambda_V$  qanday bo'ladi?

429. Elektr o'tkazuvchanlik o'lchanadigan asbobga 291 K da 0,01n  $KCl$  eritmasi quyilgan bo'lib, qarshiligi 394 Om ga teng. Agar asbobga  $NH_4OH$  eritmasini quyib, shu haroratda 1000 Om qarshilik berilsa, reoxord 62,42 sm masofani ko'rsatadi. Kolraush ko'prikkhasining uzunligi 100 sm ga teng.  $NH_4OH$   $\kappa$ -si qanday bo'ladi?

430. Zichligi 1,096 g/ml bo'lgan 15% li  $KNO_3$  eritmasining 291 K da  $\kappa = 0,1186 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  ga teng bo'lsa,  $KNO_3$  ning  $\alpha$ -si qanday bo'ladi?

431. Zichligi 1,08 g/ml bo'lgan 10% li  $CaCl_2$  eritmasining  $\kappa = 11,4 \cdot 10^{-2} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$ , eritmadagi  $CaCl_2$  molekularining ko'rinma dissotsilanish darajasi qancha bo'ladi?

432. Zichligi 1,038 g/ml bo'lgan, 4,2% li  $KOH$  eritmasining 291 K dagi  $\kappa = 0,1464 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  bo'lsa,  $OH^-$  ionlarining konsentratsiyasi va  $\lambda_V$  si qanday bo'ladi?

433. Zichligi 1,033 g/ml bo'lgan, 5% li  $H_2SO_4$  eritmasini  $\kappa = 0,2085 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  bo'lsa, 291 K dagi uning  $\lambda_V$  va  $H^+$  ionlarini konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

434. Zichligi 1,012 g/ml bo'lgan, 4,94%  $H-COOH$  kislotaning 291 K dagi  $\kappa = 0,0055 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  bo'lsa, uning  $\alpha$  si qancha bo'ladi?

435. Zichligi 1,005 g/ml bo'lgan, 4,33% li  $CH_3COOH$  ning 291 K dagi  $\kappa = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  bo'lsa,  $CH_3COOH$  ning  $\alpha$  si qancha bo'ladi?

- 436.291 K da distillangan suvning  $\kappa = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  bo'lsa, uning  $\alpha$  va dissotsilanish konstantasi qanday bo'ladi?
- 437.298 K da yog' kislota ( $C_3H_7COOH$ ) ning hajmi 64 l ga suyultirilsa, uning  $\kappa = 1.812 \cdot 10^{-1} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  ga teng bo'ladi.  $C_3H_7COO^-$  ionlarining harakatchanligi 40,3 sm/soniya bo'lsa, kislolaning  $\alpha$  va  $K_{dis}$  si hamda  $H^+$  ionlarining konsentratsiyasi qanday bo'ladi?
- 438.298 K da  $CH_3COOH$  ning hajmi 32 l ga suyultirilgan, bu holda uning  $\lambda_{1f} = 8,2 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2$  bo'lsa, uning  $K_{dis}$  qanday bo'ladi?
- 439.298 K da zichligi 1,024 g/ml bo'lgan, 9,6% li  $H - COOH$  ning  $\kappa = 7,56 \cdot 10^{-3} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  bo'lsa, uni cheksiz suyultirilgandagi  $\lambda_{\infty}$  qancha bo'ladi?
- 440.298 K da  $Cl - CH_2COOH$  kislolaning hajmi 32 l ga suyultirilgan. Shunda uning  $K_{dis} = 1,40 \cdot 10^{-3}$  ga teng bo'ladi. Shu vaqtdagi  $\lambda_{1f} = 77,2 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2$  bo'lsa, eritma cheksiz suyultirilganda uning  $\lambda_{\infty}$  qanday qiymatga ega bo'ladi?
441.  $Ag^+$  va  $Cl^-$  ionlarining absolyut harakat tezliklari  $5,7 \cdot 10^{-4}$  va  $6,9 \cdot 10^{-4} \text{ sm}^2/\text{soniya} \cdot V$  bo'lsa, eritmaning  $\lambda_{\infty}$  qancha bo'ladi?
- 442.23,81 l eritmada 1 mol  $Ca(NO_3)_2$  eritilgan, bu eritmaning  $\lambda_{1f} = 98,9 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2$ , cheksiz suyultirilgandagisi esa  $\lambda_{\infty} = 129,2 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2$  ga teng bo'lsa, eritma qanday haroratda muzlaydi?
- 443.291 K da  $AgCl$  ni to'yingan eritmasining  $\kappa = 1,374 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$ , shu haroratda suvniki  $\kappa = 4,00 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$  bo'lsa, eritmadagi  $AgCl$  ning mol/l konsentratsiyasi qancha bo'ladi?
444.  $CH_3COOH$  eritmasi 0,5  $NaOH$  bilan titrlanganida quyidagi natijalar olingan:

$NaOH$ , ml	8,0	9,0	1,0	11,0	12,0	13,0	15,0	17,0
$R$ , $\text{Om}^{-1}$	75,0	68,1	62,3	57,0	53,2	50,8	51,5	52,1

Shu natijalar asosida titrlangan eritma tarkibidagi sirka kislota miqdorini aniqlang.

445.  $HCl$  va  $CH_3COOH$  kislotalar aralashmasi 0,1n  $NaOH$  eritmasi bilan titrlanganida yuqori tebranishli titrator quyidagi natijalarni ko'rsatdi:

<i>NaOH, ml</i>	2	4	6	7	8	9	11	13	16	17	18	19
Titrator qiymati	62	51	32	23	21	23	26	31	37	44	56	58

Shu natijalar asosida  $HCl$  va  $CH_3COOH$  kislotalarning titrlangan hajmdagi miqdorini aniqlang.

446.291 K da  $\frac{1}{2}Ba^{2+}$  va  $Cl^-$  ionlarining absolyut harakat tezliklari  $5,69 \cdot 10^{-4}$  va  $6,76 \cdot 10^{-4}$   $sm^2/soniya \cdot V$  bo'lib, kuchlanish 1 V/sm ga pasaytirilganda eritma cheksiz suyultirilganidagi  $\lambda_{\infty}$ -si, qanday bo'ladi?

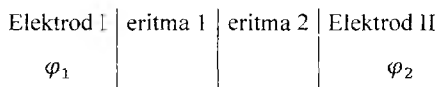
447.291 K da seziiy va xlor ionlarining absolyut harakat tezliklari  $6,98 \cdot 10^{-4}$  va  $6,76 \cdot 10^{-4}$   $sm^2/soniya \cdot V$ , eritma hajmi 1000 l ga suyultirilganida  $\lambda_{\infty} = 1,306 \cdot 10^{-4}$   $Om^{-1}sm^2$  bo'lsa, seziiy xloridning  $\alpha$  si qanday bo'ladi?

448.298 K da  $AgCl$  ni to'yingan eritmasi elektr o'tkazuvchanlik o'lchash asbobiga quyilgan. Asbobni doimiyliigi  $0,2152 sm^{-1}$ , qarshiligi 63100 Om, shu sharoitda suvnikisi esa 134500 Om ga teng. Shu haroratda eritma cheksiz suyultirilganidagi  $Ag^+$  va  $Cl^-$  ionlarining harakatchanligi 61,9 va 76,3  $sm^2/soniya \cdot V$  bo'lsa, to'yingan eritmada tuz to'liq dissotsilanadi deb faraz qilib,  $AgCl$  tuzining eruvchanligini aniqlang.

## VI bob. Elektrokimyo

### 1. Galvanik element, elektr yurituvchi kuch (EYUK) va elektrod potentsiallari

Galvanik element sxemasining umumiy ko'rinishi quyidagicha yoziladi:



Eritma bilan elektrod potentsiallari orasidagi farq elektrod potentsiali deyiladi. Bir eritma bilan ikkinchi eritma orasidagi potentsiallar farqini esa *diffuzion potentsial* deb ataladi. Diffuzion potentsial juda kichik qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun elektr yurituvchi kuchni hisoblashda, ko'pincha uni e'tiborga olinmaydi. Galvanik elementning EYUKini aniqlashda, asosan elektrod potentsiallari farqidan foydalaniladi.

Metallarning elektrod potentsiallarini Nernst formulasi bilan aniqlanadi:

298 K uchun:

$$\varphi_{Me/Me^{n+}} = \varphi_{Me/Me^{n+}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg c_{Me^{n+}} \quad (\text{VI.1})$$

291 K uchun:

$$\varphi_{Me/Me^{n+}} = \varphi_{Me/Me^{n+}}^0 + \frac{0,058}{n} \lg c_{Me^{n+}} \quad (\text{VI.2})$$

bunda:  $\varphi_{Me/Me^{n+}}^0$  – metallning normal elektrod potentsiali, ya'ni konsentratsiyasi 1 mol-ion/l bo'lgan eritma bilan metall potentsiallari orasidagi farq;

$n$  – elektro-kimyoviy reaksiyalarda qaytaruvchidan oksidlovchiga o'tgan elektronlar soni;

$c_{Me^{n+}}$  – eritmadagi metall ionlarining konsentratsiyasi mol-ion/l, 298 K da galvanik elementni EYUK quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$E = \varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_2^0 - \varphi_1^0 + \frac{0,059}{n} \lg c_2 - \frac{0,059}{n} \lg c_1 \quad (\text{VI.3})$$



bunda:  $\varphi_1^0, \varphi_2^0$  – elektrodning normal potentsiallari:

$c_1, c_2$  – eritmadagi ionlar konsentratsiyasi.

Agar  $n=n_1=n_2$  bo'lsa, u holda 298 K uchun:

$$E = \varphi_2 - \varphi_1 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{c_2}{c_1} \quad (\text{VI.4})$$

bo'ladi.

291 K uchun

$$E = \varphi_2 - \varphi_1 + \frac{0,058}{n} \lg \frac{c_2}{c_1}. \quad (\text{VI.5})$$

Amalda galvanik elementni EYUKi ko'pincha kompensatsiya usuli bilan o'lchanadi:

$$E_X = E_W \cdot \frac{AK_X}{AK}. \quad (\text{VI.6})$$

bunda:  $E_X$  – tekshirilayotgan elementning EYUK;

$E_W$  – Veston elementining EYUKi;

$AK_X$  – tekshirilayotgan elementni EYUKini aniqlash vaqtidagi reoxordni ko'rsatgan kesmasi;

$AK$  – Veston elementini EYUKini aniqlash vaqtidagi reoxord ko'rsatgan kesma.

Potentsiali noma'lum bo'lgan elektrod potentsialini aniqlash uchun elektrod potentsiali ma'lum bo'lgan  $H_2$  yoki kalomel elektrodlardan foydalaniladi. Buning uchun potentsiali noma'lum bo'lgan metall va normal  $H_2$  yoki kalomel elektrodlardan iborat galvanik sistema tuzib, shu sistemaning EYUKi aniqlanadi. Sistemani EYUKi qiymatidan normal  $H_2$  yoki kalomel elektrod potentsiali ayirilsa, o'rganilayotgan elektrodning potentsiali ma'lum bo'ladi.

Vodorod elektrod potentsialini shartli ravishda 0 deb qabul qilingan. Kalomel elektrod potentsiali berilgan haroratda va  $KCl$  ning ma'lum konsentratsiyasi uchun ilovadagi 0dan olinadi.

Har xil konsentratsiyalardagi bir xil tuz eritmasiga ikkita metall plastinka tushurilib hosil qilingan qaytar galvanik element, konsentratsion element deyiladi. 291 K da shu elementni EYUKi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$E_{\text{kons}} = \frac{0,058}{n} \lg \frac{c_2}{c_1}. \quad (\text{VI.7})$$

Vodorod ionlarining konsentratsiyasi har xil bo'lgan ikkita vodorod elektroddan ham konsentratsion element hosil qilish mumkin.

Potensiometrik usul bilan eritmadagi vodorod ko'rsatkichni har xil galvanik zanjirdan foydalanib aniqlash mumkin.

Eritmadagi vodorod ko'rsatkich  $pH$  291 K da quyidagicha hisoblanadi:

$$pH = \frac{E_{\text{zanj}}}{0,058}, \quad (\text{VI.8})$$

bunda:  $E_{\text{zanj}}$  – kompensatsiya usuli bilan aniqlanayotgan zanjirning EYUKi.

Agar  $H_2$  elektrod o'rniga kalomel elektrod ishlatilsa, u holda:

$$pH = \frac{E_{\text{zanj}} - E_{\text{k.e.}}}{0,058} \quad (\text{VI.9})$$

bo'ladi, bunda:  $E_{\text{k.e.}}$  – kalomel elektrod potentsiali (1n; 0,01n yoki to'yingan  $KCl$  eritmasi).

Muhitning  $pH$  i 8 dan katta bo'lgan eritmalar uchun xingidron–vodorod, xingidron–kalomel yoki xingidron–gidroxinon elektrodlardan tuzilgan zanjirlar ishlatiladi. Xingidron–vodorod elektrod ishlatilganida eritmani  $pH$  i 291 K uchun quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$pH = \frac{0,6940 - E_{\text{zanj}}}{0,058}. \quad (\text{VI.10})$$

Agar  $H_2$  elektrod o'rniga kalomel elektrodning to'yingan eritmasi ( $KCl$  to'yingan) ishlatilsa, 291 K uchun  $pH$  quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$pH = \frac{0,4457 - E_{\text{zanj}}}{0,058}, \quad (\text{VI.11})$$

Xingidron–gidroxinon zanjir bilan eritmaning  $pH$  ini aniqlashda eritmalaridan bittasini  $pH$  i ma'lum bo'lishi kerak. Bunday hollarda bufer eritma (10 ml 0.1n

HCl va 90 ml 0,1n KCl) ishlatiladi. Bufer eritmani pH i 2,08 ga teng, 291 K da pH quyidagicha aniqlanadi:

$$pH = 2,08 + \frac{E_{zanj}}{0,058} \quad (VI.12)$$

Eritmadagi moddalar konsentratsiyasini potensiometrlik titrlash bilan aniqlanadi. Buning uchun titrlash jarayonida indikator vazifasini bajaruvchi elektrod – taqqoslash elektrodidan iborat zanjiri EYUK doimiy ravishda o'lchab turiladi. EYUK ni o'lchash asosida titrlash nuqtasi (ekvivalent nuqta) aniqlanadi.

**1- misol.** 298 K da 150 ml eritmada 2 g  $ZnSO_4$  tuzi eritilgan bo'lib,  $\alpha=1$  ga teng. Shu eritmaga tushirilgan ruxning elektrod potentsiali qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $m=2$  g;  $V=150$  ml;  $\alpha=1$ ;  $M_{ZnSO_4}=161$ .

**Noma'lum:**  $\varphi=?$ ;  $c=?$ ;  $c_{ion}=?$

**Yechish:** 1)  $150:2 = 1000:x$ ;  $x = 13,33$  g:

$$c = \frac{13,33}{161} = 0,083 \text{ mol/l.}$$

2)  $c_{ion} = c \cdot \alpha = 0,083 \cdot 1 = 0,083$  g-ion l.

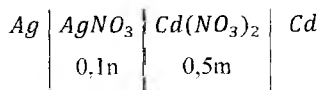
3) Nernst formulasidan elektrod potentsiali hisoblanadi:

$$298 \text{ K uchun. } \varphi_{Zn Zn^{2+}} = \varphi_{Zn Zn^{2+}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg 0,083;$$

$$\varphi^0 \text{ qiymati 0 dan olinadi: } \varphi_{Zn Zn^{2+}}^0 = -0,763 \text{ V,}$$

$$\varphi_{Zn Zn^{2+}} = -0,763 + 0,0295 \lg 0,083 = -0,795 \text{ V.}$$

**2- misol.** Quyidagi galvanik sistemani EYUK hisoblansin:



Eritmalarda  $Cd(NO_3)_2$  ni  $\alpha=48\%$ ,  $AgNO_3$  niki esa  $\alpha=81\%$ ga teng, harorat 298K.

**Berilgan:**  $s_1=0.1n$ ;  $s_2=0.5m$ ;  $\alpha_1=81\%$ ;  $\alpha_2=48\%$ ;  
 $\varphi_1^0=0,799$  V;  $\varphi_2^0=-0.402$  V;  $T=298$  K.

**Noma'lum:**  $\varphi_{EYUK}=?$ ;

**Yechish:** 1) eritmadagi ionlar konsentratsiyasi aniqlanadi:

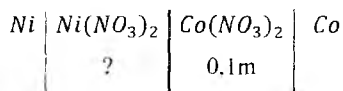
$$a) \quad c'_{Cd^{2+}} = c_2 \cdot \alpha_2 = 0,5 \cdot 0,48 = 0,24 \text{ g-ion/l.}$$

$$b) \quad c'_{Ag^+} = c_1 \cdot \alpha_1 = 0,1 \cdot 0,81 = 0,081 \text{ g-ion/l.}$$

2)  $E = \varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_2^0 - \varphi_1^0 + \frac{0,059}{n} \lg c_2 - \frac{0,059}{n} \lg c_1$  dan EYUK hisoblanadi:

$$E = -0,402 - 0,799 + \frac{0,059}{2} \lg 0,24 - \frac{0,059}{1} \lg 0,081 = -1,155 \text{ V.}$$

**3- misol.** Quyidagi galvanik elementni 298 K dagi EYUK nul bo'lib. eritmadagi tuzlarning dissotsilanish  $\alpha=1$  ga teng.



Sistemaning chap tomonidagi elektrolit konsentratsiyasini aniqlang.

**Berilgan:**  $c_2=0,1$  m;  $\varphi_2^0=-0,27$  V;  $\varphi_1^0=-0,23$  V;  $\varphi_{EYUK}=0$ .

**Nom'lum:**  $c_1=?$

**Yechish:**  $E = \varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_2^0 - \varphi_1^0 + \frac{0,059}{n} \lg c_2 - \frac{0,059}{n} \lg c_1$   
 $E = -0,27 + 0,23 + 0,0295 \cdot -1 - 0,0295 \lg c_1$   
 $\lg c_1 = 2,355932$   
 $c_1 = 0,372 \text{ mol/l.}$

**4- misol.** 298 K da Weston elementiga to'g'ri keladigan potentsiometrik ko'prikehada reoxord 71,2 sm. ruch va normal vodorod elektrodlaridan

iborat galvanik sistema ko'prikchasi esa 55.4 sm kesmani ko'rsatadi. Shu berilgan qiymatlardan foydalanib, ruxning elektrod potensialini aniqlang.

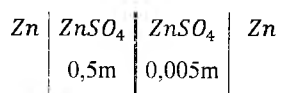
**Berilgan:**  $AK_X=55,4$  sm;  $AK=71,2$  sm;  $\mathcal{E}_W=1,0183$  V.

**Noma'lum:**  $E_X=?$

**Yechish:**  $E_X$  ni (VI.6) dan hisoblanadi:

$$E_X = 1,0183 \frac{55,4}{71,2} = 0,7923 \text{ V}$$

**5- misol.** 298 K da quyidagi galvanik sistemaning EYUK 0,018 V ga teng.



Konsentratsiyasi kichik bo'lgan eritmadagi  $\text{ZnSO}_4$  tuzining dissotsilanish darajasi 35% bo'lsa, yuqori konsentratsiyali eritmadagi  $\text{ZnSO}_4$  ni dissotsilanish darajasi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $E=0,018$  V;  $c_1=0,5\text{m}$ ;  $s_2=0,005\text{m}$ ;  $\alpha_1=35\%=0,35$ ;  $\varphi_{\text{Zn}}^0 = -0,763$  v

**Noma'lum:**  $\alpha_2=?$

**Yechish:** (VI.3) asosida  $\alpha_2$  hisoblanadi:

$$E = \varphi_1^0 - \varphi_2^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{\alpha_1}{\alpha_2},$$

*s o'rniga  $\alpha$  qiymati qo'yilsa bo'ladi :*

$$0,018 = -0,763 + 0,763 + \frac{0,059}{2} \lg 0,35 - \frac{0,059}{2} \lg \alpha_2,$$

$$0,018 = 0,0295 \cdot (-0,4559) - 0,0295 \lg \alpha_2,$$

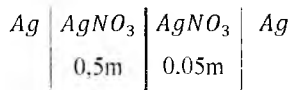
$$0,0295 \lg \alpha_2 = -0,03145,$$

$$\lg \alpha_2 = \frac{-0,03145}{0,0295},$$

$$\lg \alpha_2 = -1,0661.$$

$$\alpha_2 = 0,08589 = 8,6\%.$$

**6- misol.** Quyidagi galvanik sistemani 298 K da EYUKi qanday bo'ladi?



Konsentratsiyasi 0,05m bo'lgan eritmani  $\lambda_1=99,5$  va 0,5m eritmaniki esa  $\lambda_1=77,5 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2$  bo'lgan.

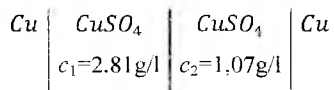
**Berilgan:**  $s_1=0,5\text{m}; s_2=0,05\text{m}; \lambda_1=77,5 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2; \lambda_2=99,5 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2$ .

**Noma'lum:**  $\varepsilon = ?$

**Yechish:** (VI.3) dan  $\varepsilon$  hisoblanadi: formuladagi  $c$  o'rniga  $\lambda_1$  qo'yiladi:

$$\varepsilon = 0,059 \lg \frac{0,05 \cdot 99,5}{0,5 \cdot 77,5} = 0,059 \lg \frac{4,975}{38,75} = 0,059 \lg 0,1284 = -0,0526 \text{ V}.$$

**7- misol.**



Shu sistemadagi konsentratsiyasi yuqori bo'lgan eritma  $-0,048^\circ\text{C}$  da va kichik konsentratsiyali eritma  $-0,020^\circ\text{C}$  da muzlaydi. 291 K da galvanik elementni EYUK qancha bo'ladi?

**Berilgan:**  $c_1=2,81 \text{ g/l}; c_2=1,07 \text{ g/l}; t_1=-0,048^\circ\text{C}; t_2=-0,020^\circ\text{C};$   
 $\Delta t_1=0,048^\circ\text{C}; \Delta t_2=0,020^\circ\text{C}; M_{\text{CuSO}_4}=160; T=291 \text{ K}.$

**Noma'lum:**  $c_{1 \text{ ion}}=?; c_{2 \text{ ion}}=?; \varepsilon = ?$

**Yechish:** 1) Ionlar konsentratsiyasi aniqlanadi.

$$a) \quad c_{1 \text{ ion}} = \frac{2,81 \cdot 1000}{160 \cdot 1000} = 0,0176 \text{ g-ion/l}.$$

$$b) \quad c_{2 \text{ ion}} = \frac{1,07 \cdot 1000}{160 \cdot 1000} = 0,0069 \text{ g-ion/l}.$$

$$2) \text{ (VI.3) dan } \mathcal{E} = \frac{0,058}{2} \lg \frac{0,0069 \cdot 0,020}{0,0176 \cdot 0,048} = -0,0228 \text{ V.}$$

**8- misol.** 291 K da  $H_2$  va kalomel elektrodlar tushirilgan eritmaning EYUKI 0,2528 V ga teng. Eritmadagi  $H^+$  ionlarining konsentratsiyasi va eritmani pHini aniqlang.

**Berilgan:**  $E_{zan}=0,2528 \text{ V}$ ;  $\varphi_{k.e.}=248,3 \text{ mV}$ ;  $=0,2483 \text{ V}$  (*KCl* to'yingan eritmasi).

**Noma'lum:**  $pH=?$ ;  $[H^+]=?$

**Yechish:** 1) (VI.9) dan  $pH$  aniqlanadi:

$$pH = \frac{E_{zanj} - \varphi_{k.e.}}{0,058} = \frac{0,2528 - 0,2483}{0,058} = \frac{0,0045}{0,058} = 0,0776.$$

2)  $H^+$  konsentratsiyasi hisoblanadi:

$$-\lg[H^+] = pH \text{ yoki } \lg[H^+] = -pH = -0,0776,$$

$$\lg[H^+] = 0,9224; [H^+] = 8,364 \text{ g-ion/l.}$$

**9- misol.** 298 K da Veston elementiga to'g'ri keladigan potensionometrik ko'prikhada reoxord 68,41 sm kesmani ko'rsatadi. O'rganilayotgan eritmaga kalomel va normal vodorod elektrodlar tushurib hosil qilingan galvanik sistemaning ko'prikchasida reoxord 56,3 sm kesmani ko'rsatadi. Eritmaning vodorod ko'rsatkichi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $AK=68,4 \text{ sm}$ ;  $AK_X=56,3 \text{ sm}$ ;  $E_W=1,0183 \text{ V}$ ;  $\varphi_{k.e.}=0,2825 \text{ V}$ .

**Noma'lum:**  $E_{zanj}=?$ ;  $pH=?$

**Yechish:** 1) (VI.6) dan EYUK hisoblanadi:

$$E_X = E_W \cdot \frac{AK_X}{AK} = 1,0183 \frac{56,3}{68,4} = 0,8382 \text{ V.}$$

2) (VI.9) dan pH aniqlanadi:

$$pH = \frac{E_{zanj} - \varphi_{k.e.}}{0,058} = \frac{0,8382 - 0,2825}{0,059} = 9,42,$$

$$-\lg[H^+] = pH = 9,42; \lg[H^+] = -pH; \lg[H^+] = -9,32,$$

$$[H^+] = 4,82 \cdot 10^{-10} \text{ g-ion l.}$$

**10- misol.** 291 K da  $Fe(OH)_2$  eritmasiga temir plastinka tushirilgan. Uning potentsiali normal  $H_2$  elektrod potentsialiga nisbatan  $-0,595$  V ga teng. Shu haroratda  $Fe(OH)_2$  ning eruvchanligi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $E = -0,595$  V;  $\varphi_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0,441$  V.

**Noma'lum:**  $c_{Fe^{2+}} = ?$ ;  $E_{K_{Fe(OH)_2}} = ?$

**Yechish:** 1) 291 K da,  $E_{Fe^{2+}/Fe} = \varphi_{Fe^{2+}/Fe}^0 + \frac{0,058}{2} \lg c_{Fe^{2+}}$  dan temir ionlarining konsentratsiyasi aniqlanadi:

$$-0,595 = -0,441 + 0,029 \lg c_{Fe^{2+}}$$

$$\lg c_{Fe^{2+}} = -5,3103$$

$$c_{Fe^{2+}} = 4,889 \cdot 10^{-6} \text{ g-ion l}$$

2)  $Fe(OH)_2$  ni eruvchanlik ko'paytmasi hisoblanadi:

$$E_{K_{Fe(OH)_2}} = c_{Fe^{2+}} \cdot c_{OH^-} = (4,889 \cdot 10^{-6})^3 = 1,169 \cdot 10^{-16} \text{ mol/l.}$$

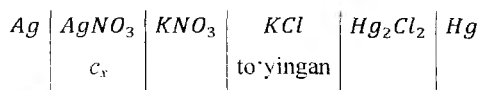
**11- misol.** Kumush nitrat eritmasi 0.1n KCl eritmasi bilan potentsiometrik usul bilan titrlanganida. quyidagi natijalar olingan:

Titrga sarf 0.1n KCl hajmi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EYUK, mV	432	426	423	414	406	382	181	128	106	97	91



Olingan natijalar asosida eritmaning suyultirilganligini hisobga olmasdan, kumush ionlarining (mg hisobidagi) miqdorini hisoblang.

Titrlash asbobi quyidagi galvanik element tuzulishiga ega:



Titrlashni reaksiyasi tenglamasi:  $\text{AgNO}_3 + \text{KCl} \rightleftharpoons \text{AgCl} + \text{KNO}_3$ .

Potensiometrik titrlash grafigini chizish uchun absissa o'qiga  $\text{KCl}$  eritmasini hajmi va ordinata o'qiga mV hisobida kuchlanish EYUK qo'yiladi.

**Yechish:** *Jadvalda berilgan qiymatlar asosida titrlash grafigi chiziladi. Titrlashning ekvivalent nuqtasi 5 ml ga to'g'ri keladi.  $\text{AgNO}_3$  massasi quyidagi formuladan hisoblanadi:*

$$m_{\text{AgNO}_3} = T_{\frac{\text{KCl}}{\text{AgNO}_3}} \cdot V_{\text{e.n.}}^{\text{KCl}}$$

$$1) \quad T_{\frac{\text{KCl}}{\text{AgNO}_3}} = \frac{N_{\text{KCl}} \cdot E_{\text{AgNO}_3}}{1000} = \frac{0,1 \cdot 170}{1000} = 0,017 \text{ g/l}$$

$$2) \quad m_{\text{AgNO}_3} = 0,017 \cdot 0,005 = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ g.}$$

### Masalalar

449. 298 K da 0,01 m  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  eritmasiga tushirilgan elektrod potentsiali normal kalomel elektrod potentsialiga nisbatan  $-0,469\text{V}$  ga teng. Shu haroratda eritmaning dissotsilanish darajasi 62% bo'lsa, qo'rg'oshin elektrodining normal potentsiali, normal vodorod elektrod potentsialiga nisbatan qancha bo'ladi?

450. Konsentratsiyasi 0,1 m bo'lgan rux sulfat eritmasini  $\alpha=40\%$  suyultirilganidan so'ng 64% bo'lib qoladi. 298 K da shu eritmadagi va uni 10 marta suyultirilganidan keyingi rux elektrod potentsiallarini aniqlang.

451.298 K da ionlarini konsentratsiyasi 0,02 g-ion/l bo'lgan eritmaga tushirilgan kumush elektrod potensialini aniqlang.

452.298 K da ionlarini konsentratsiyasi 0,005 g-ion/l bo'lgan eritmaga tushirilgan Cd elektrod potensialini aniqlang.

453.298 K da konsentratsiyasi 0.005n bo'lgan eritmada  $ZnCl_2$  tuzi  $\alpha=80\%$  ga teng bo'lsa, rux elektrodini potentsiali qanday bo'ladi?

454.298 K da 0,1 g  $AlCl_3$  erigan 120 ml eritmaga Al elektrod tushirilgan. Eritmani  $\alpha=1$  ga teng bo'lsa, Al ni elektrod potentsiali qanday bo'ladi?

455.298 K da 0,1 g  $Pb(NO_3)_2$  erigan 200 ml eritmadagi tuzni  $\alpha=1$  ga teng bo'lsa, Pb elektrodning potentsiali qancha bo'ladi?

456.298 K da tarkibida 0,12 g  $Ni(NO_3)_2$  erigan 200 ml eritmadagi tuzni  $\alpha=1$  ga teng bo'lsa, eritmaga tushirilgan Ni elektrodning potentsiali qanday?

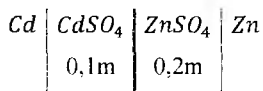
457.298 K da tarkibida 0,16 g  $MgSO_4$  erigan 150 ml eritmadagi tuzni  $\alpha=65\%$  ga teng bo'lsa, eritmaga tushirilgan Mg elektrodning potentsiali qanday?

458.298 K da distillangan  $H_2O$  ga tushirilgan  $H_2$  elektrodning potentsiali qanday bo'ladi?

459.298 K da mis ionlarining konsentratsiyasi qanday bo'lganida misning elektrod potentsiali nul bo'ladi?

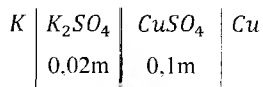
460.298 K da 0,05m  $NiSO_4$  eritmaga Ni elektrodi, 0,02m  $CuSO_4$  eritmasiga miss elektrodi tushirilib, hosil qilingan galvanik zanjirni EYUK hisoblang. Tuzlarni  $\alpha=1$  deb qabul qiling.

461. Dissotsiatsiya darajasi 60% bo'lgan  $CdSO_4$  va  $\alpha=40\%$  bo'lgan  $ZnSO_4$  eritmalaridan 298 K da ishlaydigan quyidagi galvanik zanjir tuzilgan.



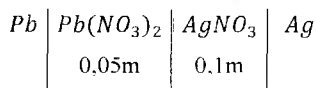
Uning EYUK qanday bo'ladi?

462. Dissotsilanish darajasi 40% bo'lgan  $CuSO_4$  va  $\alpha=87\%$  bo'lgan  $K_2SO_4$  eritmalaridan 298 K da ishlaydigan quyidagi galvanik sistema tuzilgan



Uning EYUKi qanday bo'ladi?

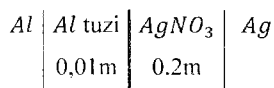
463. Dissotsilanish darajasi 75% bo'lgan  $Pb(NO_3)_2$  va  $\alpha=81\%$  bo'lgan  $AgNO_3$  tuzlarining eritmalarida 298 K da ishlaydigan quyidagi galvanik element tuzilgan:



Uning EYUKi qanday bo'ladi?

464. 291 K da 0,001n  $H_2SO_4$  eritmasi bilan to'ldirilgan to'yingan kalomel va xingidron elektrodlaridan tuzilgan galvanik sistemaning EYUKini aniqlang.

465. Quyidagicha tuzilgan

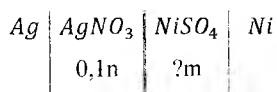


galvanik sistemaning katod va anodlarida qanday jarayonlar sodir bo'ladi?

Tuzlarning to'liq dissotsilanishini hisobga olib, shu sistemaning 298 K dagi EYUKi ni aniqlang.

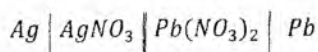
466. 291 K da Veston elementiga to'g'ri keladigan potensiometrlik ko'prikkhasida reoxord 67,9 sm, galvanik element uchun esa 48,4 sm kesmani ko'rsatsa, sistemaning EYUKi qanday bo'ladi?

467. 298 K da Veston elementiga to'g'ri keladigan potensiometrlik ko'prikkhasida reoxord 32,6 sm, quyidagi galvanik sistema uchun esa 34,3 sm



kesmani ko'rsatadi. Eritmadagi nikel ionlarining konsentratsiyasi qancha bo'ladi? Kumush nitrat tuzini  $\alpha=1$  ga teng deb olinsin.

468. 298 K da Veston elementiga to'g'ri keladigan potensiometrlik ko'prikkhasida reoxord 63,6 sm, quyidagi galvanik sistema uchun esa 57,2 sm kesmani ko'rsatadi:



$$\left\{ \text{?m} \right\} \quad \left\{ 0,1\text{m} \right\}$$

$Pb(NO_3)_2$  tuzini  $\alpha=75\%$  bo'lsa, eritmadagi kumush ionlarini konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

469.298 K da Veston elementiga to'g'ri keladigan potensiometrlik ko'priksida reoxord 48,95 sm kesmani, eritmadagi elektrod uchun esa 34,33 sm kesmani ko'rsatadi. Katod vazifazisini normal vodorod elektrod bajarsa, eritmadagi elektrod potentsiali qancha bo'ladi?

470.298 K da to'yingan kalomel va rux elektrodlaridan tuzilgan galvanik element uchun potensiometrlik ko'priksida reoxord 66,2 sm kesmani ko'rsatadi. Rux elektrod potentsiali qanday bo'ladi? Veston elementi bilan kompensatsiya qilinganida, reoxord 64,7 sm ko'rsatgan.

471.298 K da to'yingan kalomel va nikel elektrodlaridan tuzilgan galvanik zanjir uchun potensiometrlik ko'priksida reoxord 34,8 sm kesmani. Veston elementi bilan kompensatsiya qilinganida 66,2 sm kesmani ko'rsatsa, nikel elektrod potentsiali qanday bo'ladi?

472. Konsentratsiyalari 0,01 va 0,005n hamda  $\alpha=1$  ga teng bo'lgan  $HNO_3$  eritmalariga 298 K da normal  $H_2$  elektrodlarini tushirib, konsentratsion galvanik sistema tuzilgan. Shu sistemaning EYUK qanday bo'ladi?

473. Konsentratsiyalari 0,01 ga va 0,001n hamda  $\alpha=1$  ga teng bo'lgan  $KOH$  eritmalariga normal  $H_2$  elektrodlar tushirib, konsentratsion galvanik sistema hosil qilingan. Shu sistemaning EYUK si qanday bo'ladi?

474.291 K da normal  $H_2$  elektrodga nisbatan xingidron elektrod potentsiali 0,400 V ga teng bo'lsa, eritmaning  $pH$ i qanday bo'ladi?

475.298 K da kalomel va normal  $H_2$  elektrodlaridan tuzilgan galvanik sistemaning EYUKi 0,760 V ga teng bo'lsa, eritmaning vodorod ko'rsatkichi qanday bo'ladi?

476. Tekshiriladigan eritmaga to'yingan kalomel va xingidron elektrodlar tushirilib hosil qilingan galvanik sistemaning EYUKi 0,360 V ga teng bo'lsa, eritmaning  $pH$ i qanday bo'ladi?

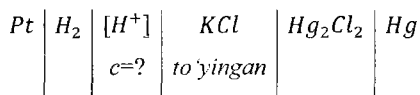
477.298 K da tekshiriladigan eritmaga to'yingan kalomel va normal vodorod elektrodleri tushirilib zanjir tuzilgan. Shu sistemani EYUKi 0,297 V ga teng bo'lsa, eritmaning  $pH$  va  $pOH$  lari qanday?

478.291 K da tekshiriladigan eritmaga to'yingan kalomel va xingidron elektrodleri tushirilib, galvanik zanjir tuzilgan. Shu sistemaning EYUKi 0,119 V ga teng bo'lsa, eritmaning  $pH$ i va undagi  $H^+$  ionlarining konsentratsiyasi qanday bo'ladi?

479.64 l suvda 1 mol  $Ba(OH)_2$  eritilgan, shu eritma  $-0,083^\circ C$  da muzlaydi. Eritmani  $pH$  va  $pOH$  lari qanday?

480.298 K da kumush rodanidning to'yingan eritmasiga tushirilgan  $Ag$  elektrod potentsiali 447 mV (normal  $H_2$  elektrodga nisbatan) bo'lsa, shu tuzning eruvchanligi qanday qiymatga ega?

481. Quyidagi tuzilishga ega bo'lgan galvanik sistemada:



$HCl$  eritmasi  $In NaOH$  eritmasi bilan potentsiometrik usulda titrlangan; neytrallanish reaksiyasi:  $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$ , jarayon natijasi quyidagi jadvalda keltirilgan. Shu natijalarga asoslanib, titrlangan eritmadagi  $HCl$  miqdori (10 mg miqdorda) ni aniqlang. Eritmani suyultirilgani hisobga olinmasin.

Titrlashda sarf. $NaOH$ hajmi, 10ml	0,00	0,50	0,90	0,99	1,00	1,31	1,10	1,50	2,00
$H_2$ elektrod potentsiali, mV	998	416	457	516	693	870	929	970	988

## 2. Elektroliz. Elektroliz qonunlari

Elektrolitlarning elektr toki ta'sirida parchalanishini *elektroliz* deyiladi. Elektroliz jarayonida elektrodalarda oksidlanish–qaytarilish reaksiyalari boradi.

Katodda elektrolit ionlari elektron qabul qilib qaytariladi. anodda esa aksincha, elektrolit ionlari o'z elektronlarini elektrodga berib oksidlanadi.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi natijasida hosil bo'lgan mahsulotlar elektrodalarda ajralib chiqadi yoki o'zaro reaksiyaga kirishib, suv molekulari bilan tasirlashib, elektrolizda turli mahsulotlar hosil bo'ladi.

Anod va katodlarda boradigan reaksiyalar ingliz olimi Faradey (1834) qonunlariga bo'ysunadi:

1) Elektr toki ta'sirida elektrodda ajralib chiqadigan modda massasi, elektrolit orqali o'tayotgan tok miqdori ( $Q$ ) ga proporsional bo'ladi, ya'ni  $m = K \cdot Q$ , bunda:  $Q$  – elektr miqdori, ya'ni

$$Q = I \cdot t \quad (\text{VI.13})$$

buni o'rniga qo'yilsa,

$$m = K \cdot I \cdot t \quad (\text{VI.14})$$

kelib chiqadi, bunda:  $K$  – proporsionallik koeffitsiyenti, elektrolitdan 1 kulon tok o'tganida ajralib chiqqan modda miqdori, uni elektrokimyoviy ekvivalent ham deyiladi;

$I$  – tok kuchi,  $A$  hisobida;

$t$  – tok o'tgan vaqt (sek. hisobida).

2) Har xil elektrolitlardan bir xil miqdorda tok (96500 kulon) o'tkazilganida elektrodalarda ajralib chiqadigan modda miqdori, o'sha moddalarning kimyoviy ekvivalentlariga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{E_1}{E_2} \quad (\text{VI.15})$$

1 mol (ekv) moddaning ajralishi uchun eritma orqali bir xil miqdorda, ya'ni 96500 kulon tok o'tishi kerak.

$\frac{E}{96500} = \frac{K}{I}$  dan elektrokimyoviy ekvivalent qiymatini aniqlash mumkin, ya'ni bundan:

$$K = \frac{E \cdot I}{96500} \quad (\text{VI.16})$$

bunda:  $K$  – elektrokimyoviy ekvivalent qiymati, shu qiymatni (VI.14) formuladagi  $K$  ni o'rniga qo'yilsa.

$$m = \frac{E \cdot J \cdot t}{96500} \quad (\text{VI.17})$$

kelib chiqadi.

Elektroliz jarayonida ajralib chiqadigan modda massasining qiymati (VI.17) asosida aniqlanadi. Elektroliz jarayonida elektr energiyasining ozgina qismi elektroliz tashqarisidagi jarayonlar uchun sarf bo'ladi. Shuning uchun reaksiya mahsulotini tok unumi asosida hisoblash elektroliz jarayonining muhim xususiyatlarida biridir.

Tok bo'yicha unum quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\eta = \frac{m_{\text{taj}}}{m_{\text{naz}}} \cdot 100\%, \quad (\text{VI.18})$$

bunda:  $m_{\text{taj}}$  – tajribada ajralib chiqqan modda massasi.

$m_{\text{naz}}$  – bu miqdor Faradey qonuni asosida,  $m_{\text{naz}} = \frac{E \cdot J \cdot t}{96500}$  dan hisoblanadi.

U holda tok unumi:  $\eta = \frac{m_{\text{taj}} \cdot 96500}{E \cdot J \cdot t}$  bo'ladi.

Elektroliz jarayonida ionlarning harakat tezliklari har xil bo'lgani uchun anod va katod fazalarida konsentratsiyalarni o'zgarishi bir xil bo'lmaydi. Shuning uchun elektrodalarda ajralib chiqadigan moddalar miqdori ham har xil bo'ladi. Ionlar xarakatchanligining qiymatlari (V.49) formulada ko'rsatib o'tilgan.

Elektroliz jarayoniga tok zichligi ham katta ta'sir ko'rsatadi.

Tok zichligi deb, vaqt birligida elektrod yuzasidan o'tgan tok miqdori (kuchi) ga aytiladi va uni  $i$  bilan ifodalanadi. Tok zichligini o'lchov birligi  $\text{A}/\text{sm}^2$  tok zichligi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$i = \frac{J}{S}, \quad (\text{VI.19})$$

bunda:  $S$  – elektrod yuzasi  $0,1 \text{ sm}^2$  yoki  $1 \text{ sm}^2$  bo'lishi mumkin.

**1- misol.** Mis (II) xlorid eritmasi orqali  $1,2 \text{ A}$  tok  $2$  soat davomida o'tkazilganida katodda qancha mis ajraladi?

**Berilgan:**  $J=1,2 \text{ A}$ ;  $t=2 \text{ s} \times 60=120$  daqiqa  $\times 60=7200$  soniya;  $E_{\text{CuCl}_2}=67,25$ .

**Noma'lum:**  $m_{\text{Cu}}=?$

**Yechish:** (VI.17) dan mis massasi hisoblanadi:

$$m = \frac{67,25 \cdot 1,2 \cdot 7200}{96500} = 6,02 \text{ g.}$$

**2 – misol.** *KCl* eritmasi elektroliz qilinganida 295 K va 99975 Pa bosimda 10,85 l  $Cl_2$  ajraladi. Elektrolizyorda qancha *KOH* hosil bo'ladi?

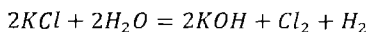
**Berilgan:**  $T=295 \text{ K}; I=10,85 \text{ l}; P=99975 \text{ Pa.}$

**Noma'lum:**  $V_0=?; m=?$

**Yechish:** 1) (I.13) dan  $Cl_2$  ni normal sharoitdagi hajmini aniqlanadi:

$$V_0 = \frac{V \cdot P \cdot T}{P_0 T} = \frac{10,85 \cdot 99975 \cdot 273}{101325 \cdot 295} = 9,91 \text{ l.}$$

2) Elektrolizda boradigan reaksiya:



Shu tenglama asosida:

22,4 l  $Cl_2$  ajralganida 112 g *KOH* hosil bo'lsa.

9,91 l  $Cl_2$  chiqqanda qancha *KOH* hosil bo'ladi?

$$22,4 : 112 = 9,91 : x; x = 49,55 \text{ g } KOH \text{ hosil bo'ladi.}$$

**3- misol.** Yuzasi  $4 \times 6 \text{ sm}^2$  bo'lgan elektrodning ikki tomoni 0,02 sm qalinlikda. zichligi  $10,5 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan kumush bilan qoplash uchun, kumush tuzi eritmasi orqali 0,6 A tok qancha vaqt davomida o'tkaziladi?

**Berilgan:**  $\rho = 10,5 \text{ g/sm}^3; S = 4 \times 6 \text{ sm}^2; l = 0,02 \text{ sm}; J = 0,6 \text{ A}; E_{Ag} = 108 \text{ g.}$

**Noma'lum:**  $I=?; m=?; t=?$

**Yechish:** 1) elektrodni ikkala tomonidagi yuzasi hisoblanadi:

$$S = 4 \cdot 6 = 24 \text{ sm}^2 \cdot 2 = 48 \text{ sm}^2.$$

2) hajm aniqlanadi:  $V = S \cdot l = 48 \text{ cm}^2 \cdot 0,02 \text{ sm} = 0,96 \text{ sm}^3 = 0,96 \text{ ml.}$



3) Kumushning massasi hisoblanadi:

$$m = V \cdot \rho = 0,96 \cdot 10,5 = 10,08 \text{ g.}$$

4) (VI.17) dan vaqt aniqlanadi:

$$m = \frac{E \cdot J \cdot t}{96500} \text{ dan } t = \frac{96500 \cdot m}{E \cdot J} = \frac{10,08 \cdot 96500}{1,08 \cdot 0,6} = 4 \text{ s } 17 \text{ daqiqa.}$$

**4 – misol.**  $H_2SO_4$  eritmasi 30 daqiqa davomida elektroliz qilinganida 295 K va 99975 Pa bosimda 380 ml qaldiroq gaz ajraladi. Elektroliz jarayon uchun qancha tok sarflanadi?

**Berilgan:**  $t = 30$  daqiqa  $\times 60 = 1800$  soniya;  $V = 380$  ml;  $P = 99975$  Pa;  $P_0 = 101325$  Pa;  $T_0 = 273$  K.

**Noma'lum:**  $m = ?$ ;  $J = ?$

**Yechish:** 1) (I.13) dan  $V_2$  aniqlanadi:

$$V_0 = \frac{V \cdot P \cdot T}{P_0 \cdot T} = \frac{380 \cdot 99975 \cdot 273}{101325 \cdot 295} = 346,98 \text{ ml.}$$

2) Normal hajmdagi qaldiroq gazning massasi hisoblanadi:  
normal sharoitda qaldiroq gaz ( $2H_2 + O_2$ ) 67,2 l yoki 67200 ml hajmini egallaydi:

$$67200 : 36 = 346,98 : x; x = 0,186 \text{ g.}$$

3) (VI.17) dan tok miqdori hisoblanadi:

$$m = \frac{E \cdot J \cdot t}{96500} \text{ dan } J = \frac{96500 \cdot m}{E \cdot t} = \frac{96500 \cdot 0,186}{9 \cdot 1800} = 1,11 \text{ A.}$$

**5 – misol.**  $H_2SO_4$  eritmasi 4 daqiqa davomida 2,6A tok ta'sirida elektroliz qilinganida normal sharoitda qancha hajm  $O_2$  ajraladi?

**Berilgan:**  $t = 4 \times 60 = 240$  sek;  $J = 2,6$  A;  $E_{O_2} = 8$ .

**Noma'lum:**  $m = ?$ ;  $I = ?$

**Yechish:** 1) (VI.17) dan  $O_2$  ni massasi hisoblanadi:

$$m = \frac{E \cdot I \cdot t}{96500} = \frac{8 \cdot 2,6 \cdot 240}{96500} = 0,0517 \text{ g.}$$

2) Normal sharoitdagi  $O_2$  ning hajmi:

$$22400:32 = x:0,0517 \text{ g,}$$

$$V_0 = 36,19 \text{ ml} = 36,2 \text{ ml.}$$

**6 – misol.**  $CuSO_4$  eritmasidan 0,2 A tok 1s 25 min davomida o'tkazilganida qancha mis ajraladi? Tok bo'yicha unum 90% ni tashkil qiladi.

**Berilgan:**  $I = 0,2 \text{ A}$ ;  $t = 1 \text{ s } 25 \times 60 = 85 \text{ min} \times 60 = 5100 \text{ sek}$ ;  $E_{Cu} = 31,77$ .

**Noma'lum:**  $m_{Cu} = ?$

**Yechish:** 1) (VI.17) dan misni massasi:

$$m = \frac{E \cdot I \cdot t}{96500} = \frac{31,77 \cdot 0,2 \cdot 5100}{96500} = 0,336 \text{ g.}$$

2) Tok unumi bo'yicha massa hisoblanadi:

$$0,336:100 = x:90$$

$$x = 0,3022 \text{ g.}$$

**7- misol.** Yuzasi  $10 \times 10 \text{ sm}$  bo'lgan po'lat plastinkaning bir tomonini 0,25 mm qalinlikda xrom bilan qoplash uchun 0,18 A tok qanday zichlikda va qancha vaqt o'tkaziladi? Xromni zichligi  $6,92 \text{ g/sm}^3$ .

**Berilgan:**  $S = 10 \times 10 = 100 \text{ sm}^2$ ;  $l = 0,025 \text{ sm}$ ;  $I = 0,18 \text{ A}$ ;  $\rho = 6,92 \text{ g/sm}^3$ ;  
 $E_{Cr} = 17,33$ .

**Noma'lum:**  $V = ?$ ;  $m = ?$ ;  $j = ?$ ;  $t = ?$

**Yechish:** 1) Hajm aniqlanadi:

$$V = S \cdot l = 100 \text{ cm}^2 \times 0,025 \text{ sm} = 2,5 \text{ sm}^3 = 2,5 \text{ ml.}$$

2) Xromning massasi:  $m=V \cdot \rho=2,5 \cdot 6,92=17,3 \text{ g}$ .

3) Tokning zichligi:  $i = \frac{J}{S} = \frac{0,18}{100} = 0,0018 \text{ A/sm}^2$ .

4) (VI.17) dan  $t$  aniqlanadi:

$$m = \frac{E \cdot J \cdot t}{96500} \text{ dan } t = \frac{96500 \cdot m}{E \cdot J} = \frac{17,3 \cdot 96500}{0,18 \cdot 17,33} = \frac{1669450}{3,1194} = 535183,05$$

soniya

yoki  $t = 148 \text{ s } 39 \text{ daqiqa } 43 \text{ soniya}$ .

**8- misol.** Anod yuzasi  $5 \times 8 \text{ sm}^2$ , katod yuzasi  $10 \times 20 \text{ sm}^2$  elektrodlar tushirilgan eritma orqali 2.1 A tok qanday zichlikda o'tkazilgan?

**Berilgan:**  $S_A = 40 \text{ sm}^2$ ;  $S_K = 200 \text{ sm}^2$ ;  $J = 2,1 \text{ A}$ .

**Noma'lum:**  $i_A$  ?;  $i_K$  = ?

**Yechish:**  $i = \frac{J}{S}$  formuladan tok zichligi hisoblanadi:

1)  $i_A = \frac{2,1}{40} = 0,0525 \text{ A/sm}^2$ ;

2)  $i_K = \frac{2,1}{200} = 0,0105 \text{ A/sm}^2$ .

**9- misol.** Kislotali muhit hosil bo'lguncha 250 ml suvga  $HNO_3$  qo'shib, so'ng eritmaga Pt–metall–katod va Ag–metall–anod, tushirib, undan 1,4 tok o'tkazilganida kumush nitrat hosil bo'ladi. Shu kumush nitrat ammoniy rodanid bilan titrlanganida 0,0038 g/ml kumush rodanid hosil bo'ladi. Jarayonni borishi uchun qancha vaqt sarflangan.

**Berilgan:**  $V=250 \text{ ml}$ ;  $J = 1,4 \text{ A}$ ;  $N_{\text{titr}}=0,0038 \text{ g/ml}$ .

**Noma'lum:**  $m$ =?;  $t$ =?

**Yechish:** 1) 250 ml eritmadagi titr massasi hisoblanadi:

$$m = V \cdot N_{\text{titr}} = 250 \cdot 0,0038 = 0,95 \text{ g}$$

2) (VI.17) dan vaqt aniqlanadi:

$$m = \frac{E \cdot t}{96500} \text{ dan } t = \frac{0,95 \cdot 96500}{1,4 \cdot 166} = 394,5 \text{ soniya} = 6 \text{ daqiqa. } 34,5$$

soniya.

**10- misol.** 291 K da 0,02n  $\text{CuSO}_4$  eritmasi elektroliz qilinganida katodda 2,544 g mis ajralishi kerak edi. Lekin anod bo'shlig'ida  $\text{CuSO}_4$  ni kamayishi hisobiga 0,1588 g mis ajraladi.  $\text{Cu}^{2+}$  va  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarining tashish sonlari qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $c = 0,02n$ ;  $m_1 = 2,544 \text{ g}$ ;  $m_2 = 1,588 \text{ g}$ ;  $\Delta m = 2,544 - 1,588 = 0,956 \text{ g}$ ;  
 $l_{\text{Cu}^{2+}} = 0,906 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2$ ;  $l_{\text{SO}_4^{2-}} = 1,364 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2$ .

**Noma'lum:**  $V_K = ?$ ;  $V_A = ?$ ;  $n_K = ?$ ;  $n_A = ?$

**Yechish:** 1)  $l_K = V_K \cdot F$  va  $l_A = V_A \cdot F$  lardan  $V_A$  va  $V_K$  lar hisoblanadi:

$$a) \quad V_K = \frac{l_K}{F} = \frac{0,906}{96500} = 9,39 \cdot 10^{-6} \text{ sm}^2/\text{soniy} \cdot V.$$

$$b) \quad V_A = \frac{l_A}{F} = \frac{1,364}{96500} = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ sm}^2/\text{soniya} \cdot V.$$

$$2) \quad \frac{\Delta c_A}{\Delta c_K} = \frac{V_K}{V_A} \text{ dan } \Delta c_A = \frac{\Delta c_K \cdot V_K}{V_A} = \frac{0,956 \cdot 9,39 \cdot 10^{-6}}{1,41 \cdot 10^{-5}} = 0,637.$$

$$3) \quad n_K = \frac{\Delta c_A}{\Delta c_A + \Delta c_K} = \frac{0,637}{0,637 + 0,956} = 0,4 \text{ Cu}^{2+} \text{ tashish soni};$$

$$n_A = \frac{\Delta c_K}{\Delta c_A + \Delta c_K} = \frac{0,956}{0,637 + 0,956} = 0,6 \text{ SO}_4^{2-} \text{ tashish soni}.$$

11 – misol  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Pb(NO}_3)_2$  va  $\text{SnCl}_2$  eritmaları orqali soatiga 1 A tok o'tkazilganida katoda har bir metall dan necha g ajraladi?

**Berilgan:**  $Q = 1 \text{ A/s}$ , bunda (s – soat);  $E_{\text{Ag}} = 108$ ;  $E_{\text{Pb}} = 103,6$ ;  $E_{\text{Sn}} = 59,4$ .

**Noma'lum:**  $m_1 = ?$ ;  $m_2 = ?$ ;  $m_3 = ?$

**Yechish:** 1) Tok miqdori  $Q = \frac{A}{c}$  da berilganida Faradey soni ham  $\frac{A}{c}$ ga aylantiriladi.

$$F = \frac{96500}{60 \cdot 60} = 26,8 \frac{A}{c}$$

2) Metallarning elektrokimyoviy ekvivalenti (VI.16) formuladan hisoblanadi:

$$a) K_{Ag} = \frac{108}{26,8} = 4,03;$$

$$b) K_{Pb} = \frac{103,6}{26,8} = 3,87,$$

$$d) K_{Sn} = \frac{59,4}{26,8} = 2,22 .$$

3) (VI.14) dan massa aniqlanadi, ya'ni  $m = K \cdot J \cdot t$

$$a) m_{Ag} = 4,03 \cdot 1 \cdot 1 = 4,03 \text{ g.}$$

$$b) m_{Pb} = 3,87 \cdot 1 \cdot 1 = 3,87 \text{ g.}$$

$$d) m_{Sn} = 2,22 \cdot 1 \cdot 1 = 2,22 \text{ g.}$$

### Masalalar

482.291 K va 98658,6 Pa bosimda 0.03 l H<sub>2</sub> ajralib chiqishi uchun NaOH eritmasidan 2 min davomida qancha tok o'tishi kerak?

483. CuSO<sub>4</sub> eritmasi orqali 2 soat davomida 2,2A tok o'tkazilganida, katodda qancha mis ajralib chiqadi?

484. Mis sulfat eritmasidan 3 soat 10 daqiqa davomida 0,56 A tok o'tkazilganida, elektrolizyorda qancha sulfat kislotasi hosil bo'ladi?

485. Oltin (III) xlorid eritmasi orqali 60 daqiqa davomida 1 A tok o'tkazilganida 2,5 g oltin ajraladi. Shu metallni ekvivalenti qancha?

486. Mis sulfat eritmasidan 60 daqiqa davomida 0,5 A tok o'tkazilganida 0,6 g mis ajraladi. Shu metallning ekvivalenti qancha bo'ladi?

487. Mis sulfat, qo'rg'oshin nitrat va surma (III) xlorid eritmalaridan 60 min davomida 1 A tok o'tkazilganida har bir metall dan qanchadan ajraladi?

488. Yuzasi  $50 \text{ sm}^2$  bo'lgan dazmolning  $0.015 \text{ sm}$  qalinlikda nikel metalli bilan qoplash uchun nikel tuzi eritmasi orqali, qancha kulon tok o'tkazish kerak bo'ladi? Nikel metallining zichligi  $8.8 \text{ g/sm}^3$  ga teng.

489. Temir (II) xlorid eritmasi orqali 12 daqiqa davomida 3A,  $\text{FeCl}_3$  eritmasi orqali shuncha vaqt davomida 4A tok o'tkazilganida qaysi bir eritmadan ko'proq temir ajraladi?

490. Ketma-ket ulangan  $\text{SnCl}_2$  va  $\text{SnCl}_4$  eritmalaridan 10 min davomida 3 A tok o'tkazilganida, har bir eritmadan qanchadan xlor (n.sh) gazi va qalay metalli ajralib chiqadi?

491. Qo'rg'oshin tuzining nitrat kislotasidagi eritmasidan 45 daqiqa davomida 0,16 A tok o'tkazilganida, qancha  $\text{PbO}_2$  ajralib chiqadi?

492. Bariy yodid eritmasi orqali 18 daqiqa davomida 5.2 A tok o'tkazilganida elektrodalarda qanday reaksiya boradi? Elektrodalarda qaysi moddadan qanday miqdorlarda ajralib chiqadi?

493. Ikkala elektrodi nikel metallidan yasalgan sistemadagi nikel tuzi eritmasi orqali 30 daqiqa davomida 3,2 A tok o'tkazilsa, anod massasi qanchaga o'zgaradi?

494. Kadmiy sulfat eritmasi orqali 42 daqiqa davomida 3.6 A tok o'tkazilsa, elektrodalarda qaysi moddadan qancha miqdorlarda ajralib chiqadi?

495. 1 mol suvni 6 A tok ta'sirida elektroliz qilish uchun qancha vaqt kerak?

496. Yuzasi  $90 \text{ sm}^2$  bo'lgan elektrod sirtini  $0,05 \text{ sm}$  qalinlikda kumush bilan qoplash uchun kumush tuzi eritmasidan 4 A tokni qancha vaqt o'tkazish kerak? Kumush metallining zichligi  $10,5 \text{ g/sm}^3$ .

497. Xrom (III) nitrat eritmasi 12 daqiqa davomida elektroliz qilinganida katodda  $0,29 \text{ g}$  xrom ajraladi. Elektroliz uchun qancha tok sarflanadi?

498. Sulfat kislotasi eritmasi 7 daqiqa davomida elektroliz qilinganida 291 K va 99442 Pa bosimda  $50 \text{ ml}$  qaldiroq gaz ajralib chiqadi. Elektroliz uchun sarflangan tok miqdorini aniqlang.

499. Konsentratsiyasi  $0,12 \text{ n}$  bo'lgan  $40 \text{ ml}$  vismut nitrat tuzi eritmasini 30 daqiqa davomida elektroliz qilish uchun qancha tok sarflanadi?

500. Natriy sulfat eritmasi orqali 5 daqiqa 45 soniya davomida 2,4 A tok o'tkazilganida, normal sharoitda qancha(l) vodorod ajraladi?
501. Mis sulfat va sulfat kislota eritmalari ketma-ket ulangan, ulardan ketma-ket tok o'tkazilganida, tok oldin mis sulfat eritmasidan, so'ng sulfat kislota eritmasidan o'tadi. Shu vaqtda katodda 0,1426 g mis ajralsa, normal sharoitda sulfat kislota eritmasidan qancha (l) qaldiraq gaz ajraladi?
502. Isitilgan kaliy xlorid eritmasini elektroliz reaksiyasidan  $KClO_3$  tuzi olinadi. Sodir bo'ladigan reaksiya tenglamasini yozing va eritmadan 6 soat 20 daqiqa davomida 10 A tok o'tkazilganida, qancha bertole tuzi hosil bo'lishini aniqlang. Tokka nisbatan unum 60% ni tashkil qiladi.
503. Konsentratsiyasi 0,15n bo'lgan 20 l kadmiy sulfat eritmasi orqali 0,2 A tokni qancha vaqt davomida o'tkazish mumkin. Tokka nisbatan unum 93% ni tashkil qiladi.
504. Suyuqlantirilgan magniy xlorid elektroliz qilinganida metall holidagi magniyni ajralib chiqish unumi 85% ni tashkil qilsa, 1 kg magniy ajratib olish uchun qancha elektr energiyasi sarflanadi?
505. Elektroliz usuli bilan 1 kg alyuminiy metallini ajratib olish uchun 1 soat davomida kuchlanishi 4 V bo'lgan 14 kvts tok o'tkazilgan. Tokka nisbatan unumni hisoblang.
506. 20000 A tok bilan elektroliz qilib, 1 t alyuminiy metallini olish uchun qancha vaqt kerak bo'ladi? Tokka nisbatan unum 80% ni tashkil qiladi.
507. Umumiy yuzasi 100  $cm^2$  bo'lgan metall sirtini 0,02 sm qalinlikda nikel metalli bilan qoplash uchun 3 A tok, qancha vaqt davomida o'tkazilishi kerak? Elektroliz jarayonida 10% tok yo'qoladi. Ni metallining zichligi 8,9  $g/cm^3$ .
508. Nikel tuzi eritmasi 4 soat 30 daqiqa davomida elektroliz qilinganida umumiy sathi 10  $cm^2$  bo'lgan elektrod sirti 0,025 sm qalinlikda nikel metalli bilan qoplanadi. Nikel metallini zichligi 8,9  $g/cm^3$ . Katoddagi tokning zichligi va elektroliz uchun sarflangan elektr miqdorini aniqlang. Tokka nisbatan unum 81% ni tashkil qiladi.

509. Elektrolizyorda kriolitni suyuqlantirib, undagi toza alyuminiy oksiddan toza holdagi alyuminiy metalli olish uchun 30.000 A tok sarflangan. Bir sutkada qancha miqdorda alyuminiy metalli olish mumkin? Tokka nisbatan unum 88% ni tashkil qiladi.

510. Kalsiy xlorid tuzini suyuqlantirib, metall holdagi kalsiy olinadi. Suyuqlanmadan soatiga 28,8 mKl tok o'tkazilganida 4,48 kg kalsiy metall ajralgan. Tokning kuchlanishi 25 V bo'lsa, 1 tonna kalsiy metalli olish uchun qancha elektr (kVt-soat) energiya sarf bo'ladi va tokka nisbatan unum qancha bo'lishi mumkin?

511. Kulonometrik usulda o'zgarmas 50 mA tok ta'sirida  $HCl$  eritmasi  $NaOH$  bilan titrlangan. Titrlash ekvivalent nuqtasida 10 ml ni hosil qilish uchun 5 daqiqa 15 soniya vaqt sarf bo'ladi.  $NaOH$  bilan titrlanayotgan  $HCl$  ni miqdorini aniqlang.

512. Kulonometrik titrlash usulida 10 ml  $KMnO_4$  eritmasidagi  $MnO_4^-$  ionlarini qaytarish uchun temir(II) xlorid hosil bo'lishiga 100 mA tok va 28 daqiqa vaqt kerak bo'ladi.  $KMnO_4$  eritmasining titri qancha bo'ladi?

513. Konsentratsiyasi 0,05n bo'lgan kumush nitrat eritmasi elektroliz qilinganida katodda 0,35 g kumush ajraladi. Katod bo'shlig'ida esa 0,1858 g kumush ionlari behuda sarflanadi. Kumush va nitrat ionlarining tashish sonlarini aniqlang.

514. Vismut(III) xlorid eritmasidan 20 daqiqa davomida 1.5 A tok o'tkazilganida, qancha elektrolit parchalanadi?

515. Balandligi 5 sm, diametri 3 sm bo'lgan to'r simli elektrodda 0,4 A tok bo'lsa, katoddagi tokning zichligi qanday bo'ladi?

516. Balandligi 5 sm, diametri 3 sm bo'lgan to'r simli katodda tok zichligi 0.2 A/sm<sup>2</sup> dan yuqori bo'lmasligi uchun tok kuchi qanday bo'lishi kerak?



## VII bob. Kimyoviy kinetika

### 1. Massalar ta'siri qonuni. Birinchi va ikkinchi tartibli reaksiyalar

Kimyoviy kinetika reaksiyalarning borish mexanizmi va tezligini, shuningdek, reaksiya tezligining qanday omillarga bog'liqligini o'rganadi.

Kimyoviy reaksiyalar moddalarning kimyoviy moyilligiga qarab har xil tezlikda boradi. Tezlik vaqt birligida konsentratsiyaning o'zgarishi bilan o'lchanadi.

Ma'lum vaqt oralig'ida o'rtacha tezlik quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$v = \frac{c_1 - c_2}{t_2 - t_1} \quad (\text{VII.1})$$

bunda:  $c_1, c_2$ —konsentratsiyalar;  $t_1, t_2$  —dastlabki va oxirgi jarayon tugagan vaqti.

Haqiqiy tezlik ( $v_x$ ) reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyasini cheksiz qisqa vaqt ichida o'zgargan cheksiz kichik miqdoriga teng:

$$v_x = \pm \frac{dc}{dt}, \quad (\text{VII.2})$$

bundagi "+" ishora vaqt o'tishi bilan mahsulot konsentratsiyasini ortishi, "-" esa reaksiyaga kirishayotgan reagentlar miqdorining kamayishini ko'rsatadi. Tezlik hamma vaqt musbat ishoraga ega.

Reaksiya tezligi reaksiyaga kirishayotgan moddalarning tabiati, konsentratsiyasi, harorati, reaksiyada gazlar ishtirok etsa bosimga, erituvchini tabiatiga (reaksiya eritmalar va o'rtasida borsa) va katalizator ishtirok etish – etmasligi va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi.

Kimyoviy reaksiya tezligining konsentratsiyaga bog'liqligi massalar ta'siri qonuni bilan ifodalanadi. Kimyoviy reaksiya tezligi, reaksiyaga kirishayotgan moddalarning molyar konsentratsiyalarini ko'paytmasiga to'g'ri proporsional. Moddalarning oldidagi stexiometrik koeffitsiyentlar, konsentratsiyalar ko'paytmasiga daraja qilib yoziladi. Umumiy holda quyidagi stexiometrik tenglamani ko'rib chiqaylik:



Massalar ta'siri qonuni asosida haqiqiy tezlik qiymati:

$$v_h = -\frac{dc}{dt} = k \cdot c_A^a \cdot c_B^b, \quad (\text{VII.4})$$

bunda:  $s_A$  va  $s_B$  – berilgan vaqtdagi a va b moddalar konsentratsiyasi mol/l hisobida;

$a, b$  – moddalar oldidagi koeffitsiyentlar;

$k$  – proporsionallik koeffitsiyenti yoki reaksiyaning tezlik konstantasi.

Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalar konsentratsiyasi 1 mol/l bo'lsa, reaksiya tezligi  $k$  ga teng bo'ladi.

Kimyoviy reaksiyalar mexanizmiga ko'ra to'rt sinfga bo'linadi: mono=, bi=, uch= va polimolekulyar. Monomolekulyar reaksiyada bitta molekula o'zgarishga uchraydi. Monomolekulyar reaksiya tezligi molekular soniga, ya'ni konsentratsiyaga ( $c$ ) proporsional bo'ladi:

$$-\frac{dc}{dt} = k \cdot c \quad (\text{VII.5})$$

bunda:  $k$  – tezlik konstantasi.

Monomolekulyar reaksiyalar qonuniga parchalanish, izomerizatsiyalanish, shakarning inversiyalanish reaksiyasi, radioaktiv emirilish va sublimatlanish jarayonlari bo'ysunadi.

Bimolekulyar reaksiyalarda ikkita molekula o'zgarishga uchraydi. Ikkala molekula bir xil yoki ikki xil bo'lishi mumkin. Bimolekulyar reaksiyalar tezligi reaksiyaga kirishayotgan ikkala modda konsentratsiyasiga bog'liq bo'lib, reaksiya tezligining qiymati, har ikkala konsentratsiyaning ( $c_1$  va  $c_2$ ) ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$-\frac{dc}{dt} = k \cdot c_1 \cdot c_2, \quad (\text{VII.6})$$

agar  $c_1=c_2$  bo'lsa, u holda

$$-\frac{dc}{dt} = k \cdot c^2 \quad (\text{VII.7})$$

bo'ladi.

Agar reaksiyada bir xil modda molekulasidan uchta, uch xil modda molekularidan uchta yoki ikkita bir xil, bitta ikkinchi xil modda molekulari ishtirok etsa, bunday reaksiyalar uchmolekulyar reaksiyalar deyiladi. Lekin bunday reaksiyalar juda kam uchraydi. Chunki uchta molekula birdaniga reaksiyaga kirishib, mahsulot hosil bo'lish ehtimoli juda kam, sababi uchta molekula birdaniga to'qnashaolmaydi. Dastlab, ikkita modda o'zaro to'qnashib, reaksiyaga kirishib, oraliq modda hosil bo'ladi, so'ng bu oraliq modda uchinchi modda bilan to'qnashib, reaksiyaga kirishib mahsulot hosil qiladi. Bu hollarda reaksiyani borish mexanizmi bimolekulyar reaksiyanikiga muvofiq keladi.

Uch molekulyar reaksiyalar tezligi ham konsentratsiyalar ko'paytmasiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$-\frac{dc}{dt} = K \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot c_3. \quad (\text{VII.8})$$

Agar  $s_1=s_2=s_3$  bo'lsa, u holda

$$-\frac{dc}{dt} = K \cdot c^3 \quad (\text{VII.9})$$

bo'ladi.

Reaksiyalarda uchtdan ko'p modda ishtirok etsa, bunday reaksiyalar *polimolekulyar* (ko'pmolekulali) *reaksiyalar* deyiladi. Polimolekulyar reaksiyalar bosqichli boradi.

Reaksiyaning umumiy tezligi eng sekin boradigan reaksiya bosqichining tezligi bilan o'lchanadi. Reaksiyalar ketma- ket boribgina qolmasdan, parallel ham boradi. Parallel reaksiyalar tezligi, eng tez boradigan reaksiya bosqichini tezligi bilan o'lchanadi.

Reaksiyalar tartibi bilan bir-biridan farqlanadi. Reaksiya tartibi reaksiyaning borish mexanizmi bilan xarakterlanadi va rasmiy ravishda massalar ta'siri qonuni asosida darajaga chiqarilgan ko'effitsiyentlar yig'indisiga teng bo'ladi. Agar reaksiya tezligi bilan konsentratsiya orasidagi bog'liqlik umumiy tarzda  $v = -\frac{dc}{dt} = k \cdot c^n$  ko'rinishda yozilsa, bu tenglamadagi  $n$  – reaksiya tartibini ko'rsatadi.

Agar  $n=1$  bo'lsa, reaksiya birinchi tartibli bo'ladi.

Reaksiyalar yana ikkinchi, uchinchi va  $n$ -tartibli bo'ladi. Shuningdek, tezligi konsentratsiyaga bog'liq bo'lmagan reaksiyalar ham mavjud. Bunday reaksiyalarni *mulinchi tartibli reaksiyalar* deyiladi.

Reaksiya tartibi har doimo uning molekulyarligiga to'g'ri kelavermaydi. Reaksiya tartibini tajribada aniqlash mumkin.

Birinchi ikkinchi va uchinchi tartibli reaksiyalarning tezlik  $K$  larini aniqlash uchun (VII.5) va (VII.7) formulalardan differensial olib, integrallab ishlab chiqilsa, quyidagi tenglamalar hosil bo'ladi.

Birinchi tartibli reaksiya uchun:

$$k_1 = \frac{2,303}{t} \lg \frac{a}{a-x} \quad (\text{VII.10})$$

Ikkinchi tartibli reaksiya uchun:

$$k_2 = \frac{2,303}{t} \cdot \frac{1}{a-b} \lg \frac{b(a-x)}{a(b-x)} \quad (\text{VII.11})$$

bunda:  $a$  – birinchi moddaning dastlabki konsentratsiyasi, mol/l;

$b$  – ikkinchi moddaning dastlabki konsentratsiyasi, mol/l;

$x - t$  vaqt ichida reaksiyaga kirishgan modda konsentratsiyasi, mol/l.

Agar ikkinchi tartibli reaksiyalarda  $A$  va  $B$  moddalarning dastlabki konsentratsiyalari bir-biriga teng  $[A_0]=[B_0]$  bo'lsa, u holda (VII.7) formulani integrallab, undan chiqqan qiymatni quyidagi yozish mumkin:

$$k_2 = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)} \quad (\text{VII.12})$$

Uch molekulyar reaksiyalarda uchala moddaning konsentratsiyasi bir xil bo'lsa, (VII.9) formulaning integral qiymati:

$$k_3 = \frac{1}{2t} \left( \frac{1}{(a-x)^2} - \frac{1}{a^2} \right) \quad (\text{VII.13})$$

bo'ladi.

Ayrim hollarda reaksiya tezligi radioaktiv moddalarning emirilish davri bilan  $\tau_{\frac{1}{2}}$  ifodalanadi. Yarim emirilish davri deb. reaksiya uchun olingan reagentning yarmini reaksiyaga kirishgan vaqtga aytiladi.

$\tau_{\frac{1}{2}}$  uchun  $x = \frac{a}{2}$  teng bo'ladi.

U holda (VII.10 va VII.12) formulalar quyidagicha yoziladi:

$$k = \frac{2,303}{\tau_{\frac{1}{2}}} \lg 2 \quad (\text{VII.14})$$

$$k = \frac{2,303}{\tau_{\frac{1}{2}} \cdot a} \quad (\text{VII.15})$$

Birinchi tartibli reaksiyalar uchun yarim emirilish davri, moddaning dastlabki konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmaydi. Ikkinchi tartibli reaksiyalarda esa yarim emirilish davri dastlabki konsentratsiyaga teskari proporsional bo'ladi. Uchinchi tartibli reaksiyaning yemirilish davri, dastlabki moddalarning konsentratsiyasining darajasiga teskari proporsional bo'ladi.

**1 – misol.**  $4HCl + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + 2Cl_2$ , shu reaksiyani bosimi o'zgarmas haroratda 2 marta oshirilsa, to'g'ri va teskari reaksiyalar qanday o'zgaradi?

**Yechish:** 1)  $V_1 = k[HCl]^4[O_2] = k \cdot 2^4 \cdot 2 = 32$  marta (to'g'ri reaksiya)

2)  $V_2 = k[H_2O]^2[Cl_2]^2 = k \cdot 2^2 \cdot 2^2 = 16$  marta (teskari reaksiya)

**2 – misol.**  $H_2O_2$  ni suvli eritmada parchalanishi monomolekulyar reaksiya qonuniga bo'ysunadi. Shu reaksiyaning tezlik konstantasi  $0,05081$  daqiqa<sup>-1</sup> ga teng. 50 va 99,9%  $H_2O_2$  parchalangandagi vaqtni aniqlang.

**Berilgan:**  $k=0,05081$  daqiqa<sup>-1</sup>;  $x_1=50\%$ ;  $x_2=99,9\%$ .

**Noma'lum:**  $t_1=?$ ;  $t_2=?$

**Yechish:** (VII.10) dan vaqt hisoblanadi:

$$1) t_1 = \frac{2,303}{k} \lg \frac{a}{a-x} = \frac{2,303}{0,05081} \lg \frac{100}{100-50} = 13,64 \text{ daqiqa}$$

$$2) t_2 = \frac{2,303}{0,05081} \lg \frac{100}{100-99,9} = 136 \text{ daqiqa}$$

**3- misol.** Chumoli aldegid  $H_2O_2$  bilan reaksiyaga kirishganida chumoli kislota va suv hosil bo'ladi:  $H-CHO + H_2O_2 = HCOOH + H_2O$ , bu reaksiya bimolekulyardir. 333,2 K da 1m konsentratsiyali chumoli aldegid va  $H_2O_2$  lar teng hajmda aralashtirilsa, 2 soatdan so'ng chumoli aldegidning konsentratsiyasi 0,215 mol/l bo'lib qoladi. Reaksiyaning tezlik konstantasi va moddalarning yarmi reaksiyaga kirishgan vaqtini aniqlang.

**Berilgan:**  $[H-CHO]=1 \text{ mol/l}$ ;  $t=2s \times 60=120 \text{ daqiqa}$ ;  $a-x = 0,215 \text{ mol/l}$

**Noma'lum:**  $x = ?$ ;  $k_1 = ?$ ;  $\tau \frac{1}{2} = ?$

**Yechish:** 1)  $x_2 = a - x_1 = 1,0 - 0,215 = 0,785 \text{ mol}$ .

$$2) k_1 = \frac{2,303}{t} \lg \frac{a}{a-x} = \frac{2,303}{120} \lg \frac{0,785}{1 \cdot (1-0,785)} = 1,08 \cdot 10^{-2}$$

$$3) \tau_{\frac{1}{2}} = \frac{2,303}{k_1} \cdot \lg \frac{x}{a(a-x)} = \frac{2,303 \cdot 1}{0,0108} \lg 3,651 = 119,93 \text{ daqiqa} = 2$$

soat.

### Masalalar

517.  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ , shu reaksiya berk idishda, o'zgarmas haroratda olib borilganida, bosim 5 marta ko'paytirilsa, to'g'ri reaksiya tezligi necha marta ortadi?

518. Oltin sirtida, yuqori haroratda azot (I) oksid quyidagi tenglama bo'yicha parchalanadi:  $N_2O = N_2 + \frac{1}{2}O_2$ , shu reaksiyaning 900°C dagi tezlik konstantasi 0,0005;  $N_2O$  ning dastlabki konsentratsiyasi 3,2 mol/l. Ayni haroratda reaksiyaning dastlabki tezligi va 78%  $N_2O$  parchalanganidan keyin reaksiya tezligi aniqlansin.

519. Konsentratsiyasi 200 g/l bo'lgan 20 ml shakar eritmasiga shuncha hajmda  $HCl$  qo'shildi. 25°C da shakar inversiyasining dastlabki va 75% qismi inversiyalangan vaqtdagi tezligini aniqlang. Shu haroratda inversiyaning tezlik konstantasi  $9,67 \cdot 10^{-3}$  (shakar eritmasining mol konsentratsiyasini hisoblashda, uni 2 marta suyultirilganligi hisobga olinsin).

520. Natriy tiosulfit va sulfat kislota eritmasi aralashmasi 3 marta suyultirilsa, reaksiya tezligi necha marta o'zgaradi?

521.  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ , shu reaksiyani  $508^\circ C$  dagi tezlik konstantasi  $0,16 \text{ l/mol}\cdot\text{min}$ ; moddalarning dastlabki konsentratsiyalari (mol/l):  $[H_2]=0,04$ ;  $[I_2]=0,05$  bo'lgan vaqtidagi reaksiya tezligini aniqlang.  $[H_2]$  miqdori  $0,03 \text{ mol/l}$  bo'lib qolgandagi reaksiya tezligi qanday bo'ladi?

522.  $10^\circ C$  da sirka etil efirining ishqor bilan sovunlanish reaksiyasi:  $CH_3COO-C_2H_5 + NaOH \rightleftharpoons CH_3-COONa + C_2H_5OH$  tenglama asosida boradi va ikkinchi tartibli reaksiya hisoblanadi.  $100 \text{ ml}$  aralashmani titrlash uchun  $0,043n \text{ HCl}$  eritmasidan quyidagi jadvalda berilgan miqdorlarda sarflanadi:

Vaqt, daqiqa	0	4,89	10,37	28,18
HCl miqdori, ml	61,95	50,59	42,40	29,35

Shu reaksiyaning tezlik konstantasini hisoblang.

523. Shakar eritmasini inversiyalash uchun teng hajmda  $20\%$  li shakar va  $1n \text{ HCl}$  eritmalari aralastirilgan. Reaksiyaga kirishayotgan shakar miqdori (%) va  $2$  soatdan keyin inversiyalanishini burilish burchagi qanday bo'lishini aniqlang. Burilish burchagi dastlab, quyidagi jadvalda berilgandek bo'ladi:

Vaqt, daqiqa	0	50	60	$\infty$
Burchak gradusi	36,24	26,72	25,00	-11,74

524.  $60^\circ C$  da  $0,5m$   $100 \text{ ml}$  chumoli aldegid va  $100 \text{ ml}$   $1m \text{ H}_2O_2$  aralastirilganidan so'ng  $90\%$  chumoli aldegid reaksiyaga kirishgan holatdagi vaqtni aniqlang. Tezlik konstantasi  $K=7,544 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

525.  $100 \text{ ml}$ ,  $1 \text{ mol}$  chumoli aldegid va  $300 \text{ ml}$ ,  $1 \text{ mol}$   $H_2O_2$  aralastirilgan.  $3$  soatdan keyin qancha chumoli kislota hosil bo'ladi? Reaksiya tenglamasi  $H-CHO + H_2O_2 = H-COOH + H_2O$ , bu reaksiya bimolekulyar bo'lib,  $60^\circ C$  da tezlik konstantasi  $k=7,544 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

526.  $10^\circ C$  da sirka etil efirini  $NaOH$  bilan sovunlanish reaksiyasining tezlik konstantasi  $2,38 \text{ mol/l}\cdot\text{min}$  bo'lsa, shu haroratda  $1 \text{ l}$ ,  $0,04n$  sirka etil efiri bilan  $1l$ ,

0,04n  $NaOH$  aralashtirilsa, 80% sirka etil etirini sovunlash uchun qancha vaqt kerak?

527.20°C da konsentratsiyasi 0.01 g-ekv/l bo'lgan sirka etil etirining 10% qismi 23 daqiqa davomida, 0.02n  $NaOH$  eritmasi bilan sovunlanadi. Reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning miqdori 5 marta kamaytirilsa reaksiya qancha vaqtda tugaydi.

528.A modda, konsentratsiyalari 1 mol/l bo'lgan B va C moddalar bilan aralashtirilganidan so'ng 1000 soniya vaqt o'tgach. A moddaning yarmi reaksiyaga kirishadi. Agar reaksiya birinchi, ikkinchi va uchinchi hamda nulinchi tartibda bo'lsa, 2000 soniyadan so'ng A moddaning qanchasi qoladi?

529.Reaksiyaning dastlabki konsentratsiyasi 0.502 va 1,007 mol/l ga o'zgarishi uchun yarim emirilish davri 51 va 26 soniyaga kamayadi. Reaksiyaning tartibi va tezlik konstantasi qanday bo'ladi?

530.  $FeCl_2$  ni  $HCl$  ishtirokida  $KClO_3$  bilan oksidlanish reaksiyasi uchinchi tartibli reaksiyadir. Agar vaqt daqiqa bilan, konsentratsiya mol/l bilan o'lchansa, shu reaksiyaning tezlik konstantasi taxminan 1 ga qadar o'zgaradi. Agar reaksiyaga kirishayotgan barcha moddalarning konsentratsiyalari 0,2 mol/l ga teng bo'lsa, reaksiya boshlanishidan 1.5 soat o'tgach.  $FeCl_2$  konsentratsiyasi qanday bo'lib qoladi?

531.Azot (II) oksid kislorod bilan quyidagi tenglama asosida reaksiyaga kirishadi:  $2NO + O_2 = 2NO_2$ , bu reaksiya uchinchi tartibli reaksiyadir.  $NO$  ni konsentratsiyasi 2 marta, kislorodni konsentratsiyasining 3 marta ko'paytirilsa, reaksiya tezligi qanday o'zgaradi?

## 2. Kimyoviy reaksiya tezligiga haroratning ta'siri. Arrenius qonuni

Haroratni qisman o'zgarishi ham reaksiya tezligiga ta'sir ko'rsatadi. Ko'p gomogen reaksiyalarda harorat 10°C ga qadar ko'tarilganida reaksiya tezligi 2–4 marta ortadi. (2.VII) formuladan ma'lumki, harorat ko'tarilganida reaksiya tezligi ortadi: bu holat tezlik konstantasini ortishi tufayli ruyobga chiqadi.



Tezlik koeffitsiyenti bilan tezlik konstantasi orasidagi o'zaro bog'liqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$\gamma = \frac{k_{t+10^{\circ}\text{C}}}{k_t} \quad (\text{VII.16})$$

bunda:  $\gamma$  – reaksiya tezligining harorat koeffitsiyenti;

$k_t$  va  $k_{t+10^{\circ}\text{C}}$  – berilgan haroratlardagi tezlik konstantalari.

$\gamma$  ning qiymati har bir reaksiya uchun o'zgarimas (o'ziga xos) qiymatga ega bo'ladi. Uning qiymati ko'pincha 2–4 bo'lishi mumkin.

(VII.16) formula asosida quyidagilarni yozish mumkin:

$$\gamma^2 = \frac{k_{t+20^{\circ}\text{C}}}{k_t}; \gamma^3 = \frac{k_{t+30^{\circ}\text{C}}}{k_t} \text{ va } \gamma^{\frac{t_2-t_1}{10}} = \frac{k_{t_2}}{k_{t_1}}, \quad (\text{VII.17})$$

buni logarifmlasa  $\lg \frac{k_{t_2}}{k_{t_1}} = \frac{t_2-t_1}{10} \lg \gamma$  (VII.18) bo'ladi.

Bunda:  $k_{t_1}$  va  $k_{t_2}$  lar reaksiyalarning  $t_1$  va  $t_2$  haroratlardagi tezlik konstantalari.

Tezlik konstantasining haroratga bog'liqligini aniq qiymati Arrenius formulasi bilan ifodalanadi:

$$2,303 \lg \frac{k_{t_2}}{k_{t_1}} = \frac{E_{\text{akt}}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right), \quad (\text{VII.19})$$

bunda:  $R$  – gaz doimiysi (8.314 J/mol·K);  $E_{\text{akt}}$  – berilgan reaksiyaning aktivlanish energiyasi, J/mol.

*Aktivlanish energiyasi* deb. molekullarni o'zaro reaksiyaga kirishish imkoniyatiga ega bo'ladigan minimum energiya miqdoriga aytiladi.  $E_{\text{akt}}$  miqdori qancha ko'p bo'lsa, reaksiya tezligi shuncha kam bo'ladi, ya'ni  $E_{\text{akt}}$  ortgan sari molekullarning samara darajasi to'qnashishi ozayib, reaksiyaga kirishish qobliyatini va mahsulot hosil bo'lish pasayadi. Agar reaksiyaga katalizator kiritilsa, reaksiya tezligi ortadi. Chunki katalizator bilan aktivlanish energiyasiga ega bo'lgan molekullar o'zaro ta'sirlashib oraliq birikma hosil qiladi. Natijada jarayonning ("energiya g'ovini") energiyasi kamayadi.

Jarayonni  $E_{\text{akt}}$  va harorati aniq bo'lsa, (VII.19) formula yordamida tezlik konstantasini hisoblash mumkin.

Shuningdek, ikkala tezlik konstantalari ma'lum bo'lsa, haroratlari aniq bo'lsa, jarayonning aktivlanish energiyasi  $E_{\text{akt}}$  ning qiymatini hisoblash mumkin.

**1- misol.** Harorat koeffitsiyenti 3 ga teng bo'lgan reaksiyaning tezligini 50;100 marta oshirish uchun haroratni necha gradusga oshirish kerak?

**Berilgan:**  $\gamma = 3; \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = 50; 100.$

**Noma'lum:**  $\Delta t = ?$

**Yechish:** (VII.18) dan  $t_2 - t_1$  ( $\Delta t$ ) lar hisoblanadi:

$$1) \lg 50 = \frac{t_2 - t_1}{10} \lg 3 \text{ dan } \Delta t = 10 \cdot \frac{\lg 50}{\lg 3} = 10 \cdot \frac{1,6989}{0,47712} = 35,61^\circ\text{C}.$$

$$2) \lg 100 = \frac{t_2 - t_1}{10} \lg 3 \text{ dan } \Delta t = 10 \cdot \frac{\lg 100}{\lg 3} = \frac{2}{0,47712} = 41,92^\circ\text{C}.$$

**2- misol.** Etilatsetatni NaOH bilan sovunlanish reaksiyasining  $9,4^\circ\text{C}$  dagi tezlik konstantasi 2,37 ga,  $14,4^\circ\text{C}$  dagisi 3,204 ga teng bo'lsa, shu ko'rsatilgan haroratlar oralig'idagi harorat koeffitsiyenti va aktivlanish energiyasini aniqlang

**Berilgan:**  $t_1 = 9,4^\circ\text{C}; T_1 = 282,4 \text{ K};$

$t_2 = 14,4^\circ\text{C}; T_2 = 287,4 \text{ K};$

$k_1 = 2,37; k_2 = 3,204.$

**Noma'lum:**  $\gamma = ?; E_{akt} = ?$

**Yechish:** 1) (VII.18) dan  $\gamma$  hisoblanadi:

$$\lg \frac{3,204}{2,37} = \frac{14,4 - 9,4}{10} \lg \gamma \text{ bundan } \gamma = 2,7,$$

2) (VII.19) dan  $E_{akt}$  hisoblanadi:

$$2,303 \lg \frac{3,204}{2,37} = \frac{E_{akt}}{8,314} \frac{1}{282,4} - \frac{1}{287,4} = 40824,18 \text{ J/mol}.$$

**3- misol.** Vant-Goff qoidasi bo'yicha  $20^\circ\text{C}$  haroratda reaksiyani oxiriga yetkazish uchun 3 soat vaqt kerak bo'lsa, reaksiyani 20 daqiqada tugatish

uchun necha gradus harorat kerak? Tezlikning harorat koeffitsiyenti 2 ga teng.

**Berilgan:**  $t_1=20^\circ\text{C}$ ;  $\tau_1=3\text{s} \times 60=180$  daqiqa;  $\tau_2=20$  daqiqa;  $\gamma=2$ .

**Noma'lum:**  $t_2=?$

**Yechish:**  $\lg \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{t_2-t_1}{10} \lg \gamma$  dan  $t_2$  hisoblanadi:

$$\lg \frac{180}{20} = \frac{t_2-20}{10} \lg 2 \text{ dan } t_2=31,7^\circ\text{C} \text{ yoki } T=304,7 \text{ K.}$$

**4-misol.** Har xil haroratda shakar eritmasini inversillanish tezlik konstantalari quyidagicha:

$273+^\circ\text{C}$	25	40	50	55
$\text{K} \cdot 10^3$	9,67	53,4	263	491

25–40 °C: 40–50°C va 50–55°C haroratlar uchun harorat koeffitsiyentlari qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $t_1=25^\circ\text{C}$ ;  $k_1=9,67 \cdot 10^3$ .

$t_2=40^\circ\text{C}$ ;  $k_2=53,4 \cdot 10^3$ ;

$t_3=50^\circ\text{C}$ ;  $k_3=26,3 \cdot 10^3$ ;

$t_4=55^\circ\text{C}$ ;  $k_4=491 \cdot 10^3$ .

**Noma'lum:**  $\gamma_1=?$ ;  $\gamma_2=?$ ;  $\gamma_3=?$

**Yechish:** (VII.18) formuladan  $\gamma$  lar hisoblanadi:

$$1) \lg \frac{53,4 \cdot 10^3}{9,67 \cdot 10^3} = \frac{40-25}{10} \lg \gamma_1 = 0,4947; \gamma_1=3,12392;$$

$$2) \lg \frac{26,3 \cdot 10^3}{53,4 \cdot 10^3} = \frac{50-40}{10} \lg \gamma_2 = 0,6924; \gamma_2=4,92493;$$

$$3) \lg \frac{491 \cdot 10^3}{263 \cdot 10^3} = \frac{55-50}{10} \lg \gamma_3 = 0,2711; \gamma_3=1,86681.$$

**5- misol.** 20°C da organik kislolaning suvdagi eritmasini parchalanish reaksiyasini tezlik konstantasi  $47,5 \cdot 10^{-5}$  ga, 40°C da esa  $576 \cdot 10^{-5}$  ga teng, parchalanish reaksiyasi birinchi tartibli reaksiya qonuni bo'yicha boradi. 30°C da kislolaning yarim parchalanish davrini (daqiq) aniqlang.

**Berilgan:**  $t_1=20^\circ\text{C}; k_{t_1}=47,5 \cdot 10^{-5};$   
 $t_2=40^\circ\text{C}; k_{t_2}=576 \cdot 10^{-5}; t_3=30^\circ\text{C}.$

**Noma'lum:**  $\gamma=?; K=?; \tau=?$

**Yechish:** 1) (VII.18) formuladan  $\gamma$  aniqlanadi:

$$\lg \frac{576 \cdot 10^{-5}}{47,5 \cdot 10^{-5}} = \frac{40-20}{10} \lg \gamma; \lg \gamma = 0.54186; \gamma = 3.48225.$$

2)  $\frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \frac{\tau_1}{\tau_2}$  proporsionallik asosida  $\lg \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{t_2-t_1}{10} \lg \gamma$  bo'ladi.

$$\lg \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{t_2-t_1}{10} \lg \gamma \text{ dan } \tau \text{ aniqlanadi.}$$

$$\lg \tau = \frac{40-30}{10} \lg 3,48225; \tau = 3,48 \text{ daqiqa.}$$

### Masalalar

532. Berilgan haroratda  $H_2$  parchalanish reaksiyasini harorat koeffitsiyenti 2 ga teng. 356°C haroratda reaksiyaning tezlik konstantasi  $8,09 \cdot 10^{-5}$  bo'lsa, Vant-Goff qoidasi bo'yicha reaksiyaning 374 °C haroratdagi tezlik konstantasi qanday bo'ladi?

533. Chumoli kislota oltin metalli sirtida suv va CO ga parchalanadi. 140°C da parchalanish reaksiyasining tezlik konstantasi  $5,5 \cdot 10^{-4}$  ga, 185°C da esa  $9,2 \cdot 10^{-3}$  ga teng, shu haroratlar intervalida reaksiyaning harorat koeffitsiyenti nechaga teng bo'ladi?

534. Bir reaksiya 150°C haroratda 16 daqiqada oxiriga yetadi. Harorat koeffitsiyenti 2,5 ga teng bo'lsa, harorat 180°C va 130°C bo'lganida reaksiya necha minutda tugashi mumkin?

535. Dastlabki konsentratsiyasi 0,015 mol/l bo'lgan sirka etil efirining 99% ini natriy ishqori bilan (konsentratsiyasi 0,03 mol/l) gidrolizlash uchun qancha vaqt kerak bo'ladi? Reaksiyaning tezlik konstantasi 2,5 l/mol·daqiq.

536. Harorat ko'effitsiyenti 3 ga teng bo'lgan reaksiyaning harorati 100°C ga oshirilsa, reaksiya tezligi necha marta ortadi?

537. Harorat ko'effitsiyenti 2 ga teng bo'lgan reaksiyaning harorati 200 dan 500°C ga oshirilsa, reaksiya tezligi necha marta ortadi?

538. Harorat ko'effitsiyenti 2,5 bo'lgan reaksiya 150°C da 16 daqiqada tugaydi. Agar reaksiyaning harorati 200 dan 80°C ga tushirilsa, reaksiya qancha vaqtda tugaydi?

539. Reaksiyaning harorati 60°C dan 30°C ga keltirilsa, reaksiya tezligi 8 marta sekinlashadi. Shu reaksiyaning harorat ko'effitsiyenti nechaga teng?

540. Reaksiya 20°C gacha qizdirilganida uning tezligi 9 marta ortadi. Shu reaksiyaning harorat ko'effitsiyenti nechaga teng?

541. Harorat ko'effitsiyenti 2,5 bo'lgan reaksiyaning 50°C dagi tezligini 10 marta sekinlashtirish uchun haroratni necha gradus pasaytirish kerak?

542.  $A$  va  $B$  moddalar quyidagi tenglama bo'yicha reaksiyaga kirishadi:  $A + 2B = C$ . Moddalarning dastlabki konsentratsiyalari (mol/l):  $[A]=0,3$ ;  $[B]=0,5$  bo'lib, reaksiyaning tezlik konstantasi 0,4 l/mol·daqiq ga teng. Dastlabki reaksiya tezligi va bir qancha vaqtdan keyin  $A$  moddaning konsentratsiyasi 0,1 mol/l ga kamaygandagi reaksiya tezligini aniqlang.

543. Sirka etil efirini  $NaOH$  ta'sirida gidrolizlanish reaksiyasini 9,4°C dagi tezlik konstantasi 2,37 va 14,4°C dagisi 3,204 ga teng. Reaksiya tezligining harorat ko'effitsiyenti va aktivlanish energiyasi qanday bo'ladi?

544. Shakar eritmasini 25°C haroratda inverslanish reaksiyasini tezlik konstantasi  $9,67 \cdot 10^{-3}$ . 40°C dagisi esa  $73,4 \cdot 10^{-3}$  ga teng bo'lsa, shu haroratlar oralig'ida reaksiyaning aktivlanish energiyasi qanday bo'ladi?

545. 460 K haroratda sirka aldegidning parchalanish reaksiyasini tezlik konstantasi  $3,5 \cdot 10^{-2}$ . 518°C da esa  $3,43 \cdot 10^{-1}$  l/mol·daqiq bo'lsa, shu reaksiyaning aktivlanish energiyasi va 486°C dagi tezlik konstantasi qanday bo'ladi?

546. Bir reaksiyani 443°C dagi tezlik konstantasi 0,0067 va 508°C dagisi 0,1503 ga teng bo'lsa, aktivlanish energiyasi qancha bo'ladi?

547. Natriy gipoxloritning parchalanish reaksiyasini 25°C dagi tezlik konstantasi  $9 \cdot 10^{-3}$ , 40°C dagisi  $3,42 \cdot 10^{-2}$  bo'lsa. shu reaksiyani 50°C dagi tezlik konstantasi qanday bo'ladi?

548. Etilen oksidning parchalanish reaksiyasi 378,5°C da birinchi tartibli reaksiya qonuniga bo'ysunadi. Shu reaksiyaning yarim emirilish vaqti 363 daqiqaga teng. Agar uni aktivlanish energiyasi 217 kJ/mol bo'lsa. reaksiyani 450°C dagi  $K$ -si qanday bo'ladi?

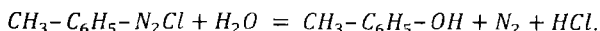
549. Quyidagi jadvalda  $t_1$  va  $t_2$  haroratlar uchun  $k_{t_1}$  va  $k_{t_2}$  larni qiymati berilgan:

Reaksiya tenglamasi	$t_1^\circ\text{C}$	$k_{t_1}$	$t_2^\circ\text{C}$	$k_{t_2}$	$t_3^\circ\text{C}$	$k$
a) $H_2 + J_2 = 2HJ$	410	0.066	443	0.375	420	?
b) $2HCHO + NaOH = HCOONa + CH_3OH$	50	$5 \cdot 10^{-3}$	85	$294 \cdot 10^{-3}$	65	?

Reaksiyani  $t_3$  dagi tezlik konstantasi qanday bo'ladi?

550. Birinchi tartibli reaksiyaning aktivlanish energiyasi 231 kJ/mol bo'lsa. 300°C da reaksiyadagi moddaning parchalanishi soatiga 95% tezlik bilan boradi. Shu moddaning minutiga 0,1% tezlik bilan parchalanishi uchun qanday harorat yaratish kerak?

551. Diazoniy tuzi suvdagi eritmada quyidagi tenglama bo'yicha gidrolizlanadi:



Parchalanish reaksiyasi birinchi tartibli reaksiya qonuni bo'yicha boradi. Reaksiyaning 297,7K dagi tezlik konstantasi  $9 \cdot 10^{-3}$  va 303K dagisi  $13 \cdot 10^{-3}$  ga teng, shu reaksiyaning 308,0 K dagi tezlik konstantasi qanday va 99,9 % diazoniy tuzining parchalanishi qancha vaqt davom etadi?

# KOLLOID KIMYO

## I bob. Kolloid eritmalar

### 1. Kolloid eritmalarining tuzilishi

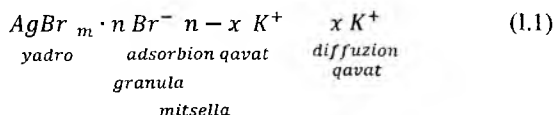
Har qanday kolloid eritma mitsella va intermitsellyar suyuqliklardan iborat. *Intermitsellyar suyuqlik* deb, elektrolit va noelektrolit modda erigan dispers muhitga aytiladi. Mitsella elektr xususiyati jihatdan neytral xossaga ega bo'lib, Broun harakatida bo'ladi. Mitsella markazida yadro bo'lib, u kolloid eritma (zol) hosil kiluvchi modda molekulasi yoki atomlaridan tashkil topadi. Yadroning atrof yuzasiga dispers muhitdan bir xil yoki qarama-qarshi zaryadli ionlar adsorbilaniadi. Yadro va adsorbilangan ionlar birgalikda *granula* deyiladi.

Peskov-Fayans qoidasiga ko'ra, yadro atrofiga shu yadro tarkibidagi atomlar guruhidan iborat ionlar adsorbilaniadi. Masalan,  $AgNO_3$  eritmasiga mo'l mikdorda  $KBr$  eritmasi qo'shilsa,  $AgBr$  zoli hosil bo'ladi.  $AgBr$  (yadro) atrofiga  $Br^-$  ionlari adsorbsiyalanadi va yadro (-) manfiy zaryadlanadi. Agar  $AgNO_3$  miqdori ko'p bo'lsa, u holda yadro atrofiga  $Ag^+$  ionlari adsorbsiyalanib, yadro (+) musbat zaryadlanadi. Yadro atrofiga adsorbilaniib zolning ion zaryadini va uning qiymatini belgilovchi ionlar – *potensial belgilovchi ionlar* deb ataladi.

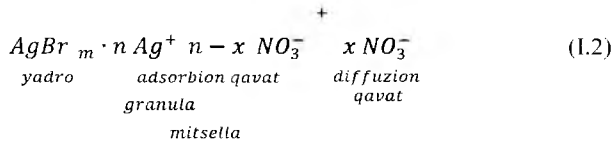
Yadro atrofiga adsorbilangan qarama-qarshi zaryadli ionlar qisman harakatsiz, qatlamni hosil qiladi. Bu qatlam *diffuziya qavati* deyiladi.

Yadro, adsorbsion va diffuzion qavatlar birgalikda *mitsella* deb ataladi.  $AgBr$  zolining tuzilishi quyidagicha:

a)  $KBr$  miqdori eritmada ko'p bo'lganida:



b)  $AgNO_3$  miqdori ko'p bo'lganida:



Zol zarrachalarining barqarorligi elektrokinetik potensial ( $\zeta$ -dzetta) bilan xarakterlanadi. Elektrokinetik potensial kolloid eritmada zarrachalarning Broun xarakati natijasida adsorbion va diffuzion qavatlar orasida vujudga keladi. Elektrokinetik potensial qiymati har xil zollar uchun 50–70 mV atrofida bo'ladi.

Hozirgi zamon ma'lumotlariga ko'ra, zol zarrachalarining barqarorligi diffuzion qavatdagi ionlar (ion bulutlari)ni gidratlanishi (solvatlanish) ga bog'liq. Diffuzion qavatdagi ion bulutlari, zarrachalarning bir-biriga yopishishiga yo'l qo'ymaydi. Diffuzion qavat qancha qalin bo'lsa, ion bulutlari zarrachani kuchli solvatlaydi va elektrokinetik potensialni qiymati yuqori bo'lib zol barqaror bo'ladi.

Kolloid eritmalar asosan 2 usul bilan olinadi:

1. Dispersion usul: bunda dag'al zarrachalar maxsus tegirmonlarda maydalanadi, uni mexanik usul ham deyiladi;

2. Kondensatsion usul: bunda moddalarning juda kichik zarrachalari uchinchi komponent yordamida bir-biriga yopishib, so'ng kolloid eritma hosil bo'ladi, buni *fizik usul* deyiladi.

Har ikkala usul bilan tayyorlangan kolloid zolini zarrachalari dispersion muhitda erimasligi kerak.

**1 – misol.** *K7* ni 20 ml, 0,01n eritmasiga *AgNO<sub>3</sub>* ning 0.2% li eritmasidan 15 ml ni asta-sekin qo'shib, chayqatib *AgI* zoli hosil qilinadi. Shu zolning mitsella tuzilishini yozib, uning zarrachalarini elektr maydonida qaysi qutubga yo'nalaishini aniqlang. Kumush nitrat eritmasining zichligi 1 g/sm<sup>3</sup> deb qabul qilinsin.

**Berilgan:**  $V_0=20\text{ml}; s_1=0,01\text{n}; V=15\text{ml}; c=0,2\%; \rho=1\text{g/sm}^3.$



**Yechish:** 1)  $AgNO_3$  ni konsentratsiyasi aniqlanadi:

a)  $100 : 0.2 = 1000 : x; x = 2g;$

b)  $1000 : 2 = 15 : x; x = 0.03;$

d)  $c = 0,03 \cdot 170 = 1.76 \cdot 10^{-4} \text{ g-mol/ml.}$

2)  $KJ$  ni konsentratsiyasi hisoblanadi:  $M_{KJ} = 166g ;$

a)  $1 : 166 = 0.01 : x; x = 1,66g;$

b)  $1000 : 1.66 = 20 : x; x = 0,0332 \text{ g } KJ;$

d)  $20 \text{ ml } KJ \text{ } c = 0,0332/166 = 0.0002 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ g-mol/ml.}$

Hisoblardan ko'rinib turibdiki:  $KJ \text{ } c > AgNO_3 \text{ } c$  dan, ya'ni  $0,0332 > 0,03$ . Konsentratsiya berilgan hajmlar bo'yicha  $c_{KJ} > c_{AgNO_3}$ , ya'ni  $2 \cdot 10^{-4} > 1,76 \cdot 10^{-4}$ .

Hisoblardan ma'lumki, aralashmada  $KJ$  miqdori qisman yuqori bo'lgani uchun mitsella yadrosini  $K^-$  ionlari o'rab oladi, ya'ni  $K$  ionlar adsorbsion qavatni hosil qiladi.  $AgJ$ ni mitsella tuzilishi:

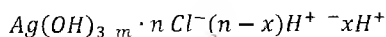
$AgJ_m \cdot n K^+, n - x J^- + J^-$  ko'rinishiga ega bo'ladi.

Zol manfiy zaryadli bo'lib, elektr maydonida musbat (-) qutbga yo'naladi.

**2- misol.** Yangi olingan  $Al(OH)_3$ , cho'kmasi  $HCl$  eritmasining oz miqdori bilan shunday ishlanganki, unda cho'kma erib ulgurmagan. Natijada  $Al(OH)_3$  zoli hosil bo'lgan. Uning zarrachasi elektr maydonida katod tomonga yo'nalgan.  $Al(OH)_3$  zolining mitsella tuzilishini ko'rsating.

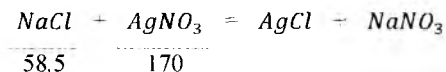
**Yechish:**  $Al(OH)_3 + n HCl = Al(OH)_3 \cdot n HCl$

Mitsella tuzilishi quyidagicha:



**3- misol.** Kumush xloridni zaryadlanmagan zolini hosil qilish uchun 0.029% li  $NaCl$  va 0.001n kumush nitrat eritmalaridan qancha hajmda aralastirish kerak?

**Yechish:** 1) Reaksiya tenglamasi yoziladi:



a)  $1 : 170 = 0,001 : x$ ;  $x = 0,17\text{g AgNO}_3$ ,

b)  $100 : 0,029 = 1000 : x$   $x = 0,29\text{g NaCl}$ .

Tenglama bo'yicha 0,17g  $\text{AgNO}_3$  va 0,29g  $\text{NaCl}$  reaksiyaga kirishganida neytral  $\text{AgCl}$  zollari hosil bo'ladi.

Tajriba uchun olingan miqdorlarni nazariy keltirib chiqarilgan miqdorlarga nisbati orqali har bir eritmadan qancha hajm olish kerakligi hisoblanadi:

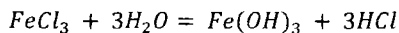
$$\frac{m_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}}} = \frac{m_{\text{AgNO}_3}}{M_{\text{AgNO}_3}}, \text{ shular asosida } \frac{0,29}{58,5} = \frac{0,17}{170} \text{ yoki } 0,005 : 0,001$$

nisbatlarda eritmalar olinadi, ya'ni 5 ml  $\text{NaCl}$  va 1 ml  $\text{AgNO}_3$  eritmaları aralashtiriladi.

### Masalalar

552. Konsentratsiyasi 0,001n bo'lgan 20 ml kaliy yodid eritmasiga 15 ml 0,2% li kumush nitrat eritmasidan qancha hajm qo'shilsa, musbat zaryadli kumush yodid zoli hosil bo'ladi? Mitsella tuzilishini yozing.

553. 85ml qaynoq distillangan suvga 15 ml, 2% li  $\text{FeCl}_3$  eritmasi qo'shilganda gidroliz jarayoni borib,  $\text{Fe(OH)}_3$  hosil bo'ladi:



eritmada  $\text{Fe(OH)}_3$  zarrachalaridan tashqari  $\text{FeO}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ionlari ham hosil bo'ladi, ya'ni  $\text{Fe(OH)}_3 + \text{HCl} = \text{FeOCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ , shu jarayonni hisobga olib,  $\text{Fe(OH)}_3$  zolining mitsella tuzilishini yozing.

554. Konsentratsiyasi 0,008n bo'lgan 25 ml kaliy bromid va konsentratsiyasi 0,0096n bo'lgan 18 ml kumush nitrat eritmaları aralashtirilganida kumush bromid

zoli hosil bo'ladi. Zol zarrachalarining ion zaryadini aniqlab, mitsella tuzilishini yozing.

555. Oltinugurtni spirtidagi eritmasidan 5 ml olib, 10 ml distillangan suvga qo'shilganida oltinugurt zoli hosil bo'ladi. Bu zol qanday usul bilan hosil qilingan? Zol yorug'likda qizil-qo'ng'ir, nursiz joyda esa havo rang tovlanadi. Sababini tushuntiring.

556. Tabiatda tuman hosil bo'lish hodisasi kolloid zollari hosil bo'lish turlarini qaysi biriga mansub: dispersion usuligami yoki kondensatsion usuligami? Tuman hosil bo'lishiga qaysi omillar sabab bo'ladi?

557. Teng hajmdagi bariy nitrat va sulfat kislotasi eritmalari aralashirilganida bariy sulfat zoli hosil bo'ladi.

Mitsella tuzilishini yozib, quyidagi savolga javob bering. Agar mitsella elektr maydonida anod tomonga yo'nalsa, ikkala eritmaning konsentratsiyasi bir xil bo'ladimi?

558.  $HCl$  ishtirokida  $As^{+3}$  tuzidan mo'l miqdorda  $H_2S$  gaz o'tkazilsa,  $As_2S_3$  zoli hosil bo'ladi. Shu zolning mitsella tuzilishini yozing va zaryad belgisini aniqlang.

559. Mis tuzi eritmasiga mo'l miqdorda ferrotsianid eritmasi qo'shilsa  $Cu_2[Fe(CN)_6]$  zoli hosil bo'ladi.

Shu zolning mitsella tuzilishini yozing.

560.  $H_2S$  suvda uzoq saqlanaganida havo tarkibidagi kislorod bilan oksidlanib, oltinugurt zoli hosil bo'ladi. Shu zolning mitsella tuzilishini yozing. Zarrachalarning zaryad belgisini aniqlang. Zolni hosil bo'lishi qaysi usulga mansubligini ko'rsating.

561. Benzolni suv bilan chayqatib, so'ng to'xtatib qo'yilgandan bir oz vaqt o'tgach, qavatlar hosil bo'ladi. Agar shu aralashmaga sovun kukuni solib chayqatilsa, barqaror emulsiya hosil bo'ladi.  $C_{17}H_{35}COONa$  molekullari shu jarayonda qanday vazifani bajaradi. Sababini tushuntiring va hosil bo'lgan emulsiyaning mitsella tuzilishini ko'rsating. Emulsiya qaysi usul bilan hosil qilingan?

## 2. Koagulyasiya

Kolloid eritma zarrachalarini bir-biriga yopishib, cho'kma yoki iviq hosil qilishiga *koagulyasiya* deyiladi. Ayrim koagulyasiya vaqtida hech qanday o'zgarish sezilmaydi (yashirin koagulyasiya), ba'zan esa kolloid eritmaning rangi o'zgaradi.

Kolloid eritmalarda diffuziya qavatidagi ion bulutlarida desolvatlanish ro'y berib, elektrokinetik potensial kamayadi. Natijada zarrachalar o'zaro yopishib koagulyasiya sodir bo'ladi. Bunday hol harorat ko'tarilganida, kolloid zoliga birorta elektrolit yoki elektrokinetik potensialni kamaytiradigan zollar qo'shilganida ro'y beradi.

Koagulyasiya bir muncha tez borgandagi elektrokinetik potensialni kritik potensial deb yuritiladi. Ko'pgina zollar uchun kritik dzetta potensial 25–30 mV ni tashkil qiladi. Kritik dzetta potentsiali 30 mV dan yuqori bo'lgan zollar amalda barqaror, undan kichik bo'lsa zol beqaror bo'ladi. Zolni dzetta potentsiali kritik potentsialdan qancha kichik bo'lsa, u shuncha tez koagulyasiyalanadi.

Zollar izoelektrik holatida katta tezlikda koagulyasiyaga uchraydi. Zolga elektrolit qo'shilganida koagulyasiya tezlashadi. Qo'shiladigan elektrolit *koagulyator* deyiladi. Koagulyasiyani ko'z bilan ko'rish uchun dastlab zol ustiga oz miqdorda elektrolit qo'shiladi, bu koagulyasiyani boshlanishi deyiladi. Koagulyasiyani tug'diruvchi konsentratsiya etarli bo'lmasa, koagulyasiya yashirin kechadi. Kolloid zollarini zaryadiga qarama-qarshi zaryadli elektrolit qo'shilganida kolloid zarrachalari tez koagullanadi. Koagullash xususiyatiga ega bo'lgan elektrolit ionlarning miqdori *koagulyasiya chegarasi* deyiladi. Bu quyidagi kattalik bilan ifodalanadi:

$$p = \frac{1}{c}. \quad (1.3)$$

Elektrolit ionlarining koagullash xossasi ma'lum darajada ionlarning zaryadini kattaligiga bog'liq. Ion zaryadi–valentligi qancha katta bo'lsa, uning koagullash

xossasi shuncha kuchli bo'ladi (Shuls–Gardi qoidasi). Shuningdek, ionlarni koagullash xossasi ularning gidratlanish xossasiga ham bog'liq. Gidratlanish qancha yuqori bo'lsa, koagulyasiyani boshlanishi shuncha tez bo'ladi va ionlarning (koagulyator ionining) koagullash xossasi shuncha kam bo'ladi. Zollarning boshlang'ich koagullanish miqdori  $mol/l$  yoki  $mg-ekv/l$  bilan ifodalanadi.

**4- misol.** Hajmi 5 ml bo'lgan  $Fe(OH)_3$  zolini koagullash uchun 3n  $KCl$  eritmasidan 4ml; 0,02n  $K_2SO_4$  eritmasidan 0,5ml; 0,0005n  $K_4[Fe(CN)_6]$  eritmasidan 3,9 ml qo'shilgan. Shu koagulyatorlarni koagullash xususiyatini va bir-biriga nisbatan koagullash xossasini ustunligini aniqlang.

**Berilgan:**  $V_1=4ml; s_1= 3n; V_2=0,5ml; s_2=0,02n; V_3=3,9ml; s_3=0,0005n.$

**Yechish:** 1) Har bir elektrolitni mmol miqdori hisoblanadi:

$$m_1 = 4 \cdot 3 = 12 \text{ mmol,}$$

$$m_2 = 0,5 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ mmol,}$$

$$m_3 = 3,9 \cdot 0,0005 = 0,00195 \text{ mmol ( millimol).}$$

2) Zol va elektrolitni umumiy hajmi:

$$V'_1 = 4 + 5 = 9ml .$$

$$V'_2 = 0,5 + 5 = 5,5ml .$$

$$V'_3 = 3,9 + 5 = 8,9ml .$$

3) Koagulyasiya chegarasi  $c = \frac{m}{V_{um}}$  dan aniqlanadi:

$$c_{KCl} = \frac{12}{9} \cdot 1000 = 1333,3 \text{ mmol/l,}$$

$$c_{K_2SO_4} = \frac{0,01}{5,5} \cdot 1000 = 1,82 \text{ mmol/l,}$$

$$c_{K_4 Fe(CN)_6} = \frac{0,00195}{8,9} \cdot 1000 = 0,22 \text{ mmol/l.}$$

4) Har bir elektrolitning koagullash xususiyati  $P = \frac{1}{c}$  bo'yicha aniqlanadi.

$$p_1 = \frac{1}{1333,3} = 7,5 \cdot 10^{-4}$$

$$p_2 = \frac{1}{1,82} = 0,55$$

$$p_2 = \frac{1}{0,22} = 4,55$$

5) Elektrolitlarni bir–biriga nisbat koagullash xususiyatini aniqlanadi:

$$p_1 : p_2 : p_3 = 7,5 \cdot 10^{-4} : 0,55 : 4,55 = 1 : 733 : 6067.$$

### Masalalar

562. Kolloid zollarining koagullovchi elektrolitlarning konsentratsiyalari (mmol/l) quyidagicha berilgan:

$c_{KNO_3} = 50.0$	$c_{MgCl_2} = 0.171$	$c_{AlCl_3} = 0.093$
$c_{NaCl} = 51.0$	$c_{MgSO_4} = 0.810$	

Zollarning zaryad belgilarini aniqlang.

563. Kumush yodid zoliga qoʻshiladigan elektrolitlarni koagullovchi konsentratsiyalari (mmol/l) quyidagicha berilgan:

$c_{KCl} = 256$	$c_{Ba(NO_3)_2} = 6$	$c_{Al(NO_3)_3} = 0,067$
$c_{KNO_3} = 260$	$c_{Sr(NO_3)_2} = 20$	$c_{AlCl_3} = 3,3 \cdot 10^{-2}$

Berilgan zolni zaryad belgisini va har bir qoʻshilgan elektrolitning koagullovchi xossasini aniqlang.

564. 0.03% osh tuzini 100 ml eritmasiga 0,001n kumush nitrat eritmasidan 250 ml qoʻshilganida hosil boʻlgan kumush xlorid zolining koagullanishini oʻrganish uchun elektrolitlardan  $KBr$ ,  $Ba(NO_3)_2$ ,  $K_2CrO_4$ ,  $MgSO_4$  va  $AlCl_3$  lar qoʻshilgan. Shu elektrolitlardan qaysi biri eng oz miqdorda koagullash xossasiga ega?

565. Teng hajmda  $KJ$  va  $AgNO_3$  eritmaları aralastirib, kumush yodid zoli hosil qilingan. Shu zolni koagullash uchun har xil elektrolitlarning miqdori quyidagicha berilgan:

$c_{Ca(NO_3)_2} = 315$	$c_{NaCl} = 300$	$c_{MgCl_2} = 320$
$c_{Na_2PO_4} = 0.6$	$c_{Na_2SO_4} = 7$	$c_{AlCl_3} = 330$

Kumush yodid zolini koagullash uchun elektrolitlarni qaysi biridan ko'proq olinadi?

566. Musbat zaryadli  $Fe(OH)_3$  zolini koagullovdchi ion–aniondir. Bir valentli anion hosil qiluvchi tuzlarning koagullovdchi miqdorlari bir-biriga yaqin bo'lib, 10,7 mmol/l ni tashkil qiladi. Ikki valentli anion hosil qiluvchi tuzlarning koagullovdchi miqdorlari ham bir-biriga yaqin bo'lib, 0,2 mmol/l bo'lsa, ikki valentli anionlarni koagullash xossasi bir valentli anionlarnikiga nisbatan necha marta ortiq bo'ladi?

567. Manfiy zaryadli  $As_2S_3$  zolini koagullovdchi ion–kationdir.  $KNO_3$ ,  $MgCl_2$  va  $AlCl_3$  elektrolitlarni koagullovdchi miqdori (mmol/l): 50; 0,72 va 0,093 bo'lsa, valentligi har xil bo'lgan shu kationlarni koagullash xususiyatlari o'zaro qanday nisbatlarda bo'ladi?

568.  $Fe(OH)_3$ ,  $H_2SiO_3$ ,  $As_2S_3$  («+» zaryadli) va  $AgJ$  («-» zaryadli) zollar berilgan. Shulardan qaysi birlari bir–birlari bilan aralashirilganida koagulyasiya sodir bo'ladi?

569. Tabiiy suvni soz tuproqning muallaq zarrachalar va qumlardan tozalab, ichishga yaroqli qilish uchun suvni tozalash minorasiga alyuminiy sulfat tuzi solinadi. Shunda muallaq zarrachalar tezroq cho'kadi. Sababini tushuntiring.

570. Uchta kolbaga  $Fe(OH)_3$  zolidan 50 ml dan qo'yilgan. Shu zolni koagullash uchun birinchi kolbaga 1n kaliy xlorid eritmasidan 5,3 ml; ikkinchi kolbaga 0,01n natriy sulfat eritmasidan 31,5 ml; uchinchi kolbaga 0,001n natriy fosfat eritmasidan 18,7 ml qo'shilgan. Har bir elektrolitning koagullovdchi miqdori va zolning zaryad belgisi qanday bo'ladi?

571.  $Al(OH)_3$  zolini koagullash uchun, uning 1 l eritmasiga 0,01m  $K_2Cr_2O_7$  eritmasidan qancha (l) qo'shish kerak? Kaliy bixromatning koagullovdchi miqdori 0,63 mmol/l ga teng.

## II bob. Kolloid sistemalarning elektrokinetik xossalari

### 1. Elektroforez va elektroosmos hodisalari

Elektroforez xodisasi kolloid sistemalarning elektrokinetik xossalaridan biridir.

Kolloid zarrachalarning elektr maydonida xarakatlanishini *elektroforez* deyiladi. Zarrachalarni elektroforezdagi yo'nalishiga qarab, ularning zaryad turini, elektrokinetik potensialini aniqlash mumkin.

Kolloid zollarining barqarorligi elektrokinetik ( $\zeta$ -dzetta) potensialga bog'liq bo'lib, silindr shaklidagi zarracha uchun quyidagicha aniqlanadi:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta u}{\varepsilon H}. \quad (II.4)$$

bunda:  $\eta$  – muhit yopishqoqligi:

$u$ –zarrachalarning elektroforezdagi tezligi;

$\varepsilon$ –dielektrik singuvchanlik ko'effitsiyenti;

$H$ –gradiyent potentsiali (berilgan potentsiallar ayirmasi  $E$  ni  $l$  ga nisbati).

Gradiyent potentsialini aniqlash uchun EYUK qiymatini, elektroforez elektrodleri orasidagi masofa ( $l$ ) ga bo'linadi:

$$H = \frac{E}{l}. \quad (II.5)$$

Bu formuladan ko'rinishi silindr shaklidagi zarrachalarning elektrokinetik va gradient potentsialleri aniqlanadi.

Sfera shaklidagi zarrachalarning elektrokinetik potentsiali esa quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$\zeta = \frac{6\pi\eta u}{\varepsilon H}. \quad (II.6)$$

Kolloid zoli zarrachalarining elektrokinetik potentsiali elektrolitni konsentratsiyasi va ularning ion zaryadi miqdoriga bog'liq bo'ladi. Elektrolit konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, ikki elektr qatlamini diffuzion qavati shuncha yupqa va shunga muvofiq ravishda elektrokinetik potentsiali ham kichik



bo'ladi. Agar diffuzion qavatdagi ionlar adsorbsion qavatga o'tib ketsa, u holda dzetta potensial qiymati nolga teng bo'ladi.

Elektroforetik tekshirishlarda, zollarni – yon suyuqlik chegarasida to'g'ri chiziqli harakat qilishi aniqlangan. Zol zarrachalarini dzetta potentsiali bilan ularning harakati orasidagi bog'liqlik quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$u = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot H \cdot \zeta}{\eta} \quad (\text{II.7})$$

bunda:  $u$ – ionlarning harakat tezligi, m/sek;  
 $\varepsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$  – f/m–elektrik konstanta;  
 $H$ – gradient potensial, v/m;  
 $\eta$ – muhit yopishqoqligi, n·soniya/m<sup>2</sup>;  
 $\zeta$ – dzetta elektrokinetik potensial. mV.

Elektroforezda g'ovak moddalar ishtirok etsa, *elektroosmos* hodisasi ro'y beradi. G'ovak jisimga elektrolit eritmasi to'lganida, ikki elektr qatlami hosil bo'ladi. Bu qatlamni *adsorbsion* va *diffuzion qavatlar* deyiladi. Elektroosmos hodisasi, shu qavatlar orasida dzetta (elektrokinetik) potensial hosil bo'lishi hisobiga sodir bo'ladi. G'ovak jism vazifasini suspenziyalarni sentrafuga qilinganida hosil bo'ladigan massa–diafragma bajarishi mumkin. Shuningdek, elastik xususiyatga ega bo'lgan plyonkalar ham diafragma bo'ladi.

Elektroosmosning elektroforezdan farqi shundaki, elektroosmosda potentsial farqi hisobiga qarama-qarshi zaryadlangan qattiq sirdan suyuqlikni elektrod tomonga siljishi kuzatiladi.

Gelmgolsning matematik nazariyasiga ko'ra, siljigan suyuqlik miqdori, diafragma kesimiga va kapillyarning uzunligiga bog'liq bo'lmagan holda tok kuchiga to'g'ri proporsional.

Bu miqdor konsentratsiya kamayishi bilan ortadi.

Elektroosmos hodisasining tezligi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$V = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot J \cdot \zeta}{\eta \cdot \kappa} \quad (\text{II.8})$$

bunda:  $V$ –hajmiy tezlik, m<sup>3</sup>/soniya.;  
 $J$ –tok kuchi. A;

$\kappa$  –solishtirma elektr o'tkazuvchanlik.  $\text{Om}^{-1}$ ,  $\text{sm}^{-1}$ .

Agar bosim ta'sirida suyuqlikni g'ovak jism orqali o'tkazilsa, potensial farqi hosil bo'ladi. Bu farqni *oqim potentsiali* ( $E$ ) deyiladi. Oqim potentsiali ikki elektr qatlamidagi ionlarga bog'liq. Diffuzion qavatda ionlar miqdori qancha ko'p bo'lsa, elektrokinetik potensial shuncha katta bo'ladi.

Bosim bilan oqim potentsiali orasidagi bog'liqlik quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$E = \frac{p \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \zeta}{\eta \cdot \kappa}, \quad (\text{II.9})$$

bunda:  $p$  – bosim.  $\text{N/m}^2$ .

Elektroosmos va oqim potentsialini kinetik potentsialga bog'liqligini quyidagi nisbatlardan ko'rish mumkin:

$$\frac{E}{p} = \frac{V}{f} = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \zeta}{\eta \cdot \kappa}. \quad (\text{II.10})$$

Bu bog'liqlikni *elektrokinetik hodisa* deb ataladi.

**1- misol.** Dzetta potentsiali 42 mV bo'lgan *Al* zolining zarrachasini elektroforezdagi, gradient potentsiali  $2 \cdot 10^3$  V/m bo'lgan etil atsetat eritmasidagi harakat tezligi qanday bo'ladi? Dispers muhit (etilatsetat)ni dielektrik singuvchanligi 6, qovushqoqligi  $0,0043$  n·sek/m<sup>2</sup>.

**Berilgan:**  $\zeta = 42$  mV = 0,042V;  $H = 2 \cdot 10^3$  V/m;  $\epsilon = 6$ ;  $\eta = 0,00043$  n·soniya/m<sup>2</sup>;  
agar zarracha sferik shaklda bo'lsa,  $f = 2/3$  bo'ladi;  
elektrik konstantasi  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m.

**Noma'lum:**  $u = ?$

**Yechish:** 
$$u = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot H \cdot \zeta}{\eta \cdot f} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,042}{0,00043 \cdot \frac{2}{3}} = 1,56 \cdot 10^{-5} \text{ m soniya.}$$

**2- misol.** Elektroforez asbobidagi elektrodlar bir-biridan 20 sm uzoqlikda joylashtirilgan bo'lib, ularning potensial farqi 240 V ga teng. Muhit qovushqoqligi  $0,001$  n·soniya/m<sup>2</sup>, dielektrik singuvchanlik konstantasi 81 ga

teng. Zol zarrachalarini silindr shaklida deb faraz qilib, zarrachasining potentsiali 89,5 mV ga teng bo'lgan  $Al_2S_3$  zolining harakat tezligini aniqlang.

**Berilgan:**  $\zeta = 89,5 \text{ mV} = 0,0895 \text{ V}; l = 20 \text{ sm}; E = 240 \text{ V};$   
 $\varepsilon = 81; \eta = 0,001 \text{ n}\cdot\text{sek}/\text{m}^2.$

**Noma'lum:**  $u=?;$

**Yechish:** 1) *Gradient potentsiali aniqlanadi:*

$$H = \frac{E}{l} = \frac{240}{20} = 12 \text{ V/m.}$$

$$u = \frac{\varepsilon \cdot H \cdot \zeta}{4\pi \cdot \eta} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^9} = \frac{0,0895 \cdot 81 \cdot 12}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,001} \cdot 11 \cdot 10^{-10} = 7,62 \cdot 10^{-7} \text{ m/sek.}$$

Bunda  $\frac{1}{9 \cdot 10^9}$  Sl dagi dielektrik singuvchanlik koeffitsiyenti

3 – misol *KCl* ni suvli eritmasi – kollodiy membrana orasidagi  $\zeta$  potentsialni aniqlang. Membranaga berilgan bosim  $26,6 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ . oqim potentsiali  $E = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ V}$ ; muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $\varkappa = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ , dielektrik singuvchanligi  $\varepsilon = 81$ , elektrik konstantasi  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ , qovushqoqligi  $\eta = 0,001 \text{ n}\cdot\text{sek}/\text{m}^2$ .

**Berilgan:**  $p = 26,6 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2; E = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ V}; \varkappa = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}; \varepsilon = 81;$   
 $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}; \eta = 0,001 \text{ n}\cdot\text{sek}/\text{m}^2$

**Noma'lum:**  $\zeta = ?$

**Yechish:**  $E = \frac{p \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \zeta}{\eta \cdot \varkappa}$  dan  $\zeta = \frac{E \cdot \eta \cdot \varkappa}{p \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} = \frac{8,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,001 \cdot 1,3 \cdot 10^{-4}}{26,6 \cdot 10^3 \cdot 81 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ mV.}$

### Masalalar

572.  $Fe(OH)_3, H_2SiO_3, As_2S_3$  va teng hajmda olingan ("+" ) hamda ("-" ) zaryadli kumush yodid zollarining zarrachalari elektr maydonida qaysi qutubga yo'naladi?

573. Potensial 48,8 mV bo'lgan tuproq zarrachalarini elektroforez vaqtidagi elektrod potensialining farqi 220 V ga teng. Elektrodlar bir-biridan 44 sm uzoqlikda joylashtirilgan. Muhit qovushqoqligi  $0,001n \cdot \text{soniya}/\text{m}^2$ ; dielektrik singuvchanligi 81 ga teng. Tuproq zolining zarrachalarini sferik shaklga ega deb faraz qilib, elektroforezdagi zarrachalarining harakat tezliklarini aniqlang.

574. Muhit qovushqoqligi  $0,00114 n \cdot \text{soniya}/\text{m}^2$ ; dielektrik singuvchanligi 81 ga teng. Zarrachalarni silindr shaklida deb faraz qilib, gradient potensial 1000 v/m, zarracha potensial 58 mV bo'lgan oltin zarrachalarining elektroforezdagi harakat tezligini aniqlang.

575. Zarracha potensial 52,5 mV; elektroforez vaqtidagi zarrachalarning harakat tezligi  $3,74 \cdot 10^{-6}$  m/s; muhit qovushqoqligi  $0,001005 n \cdot \text{soniya}/\text{m}^2$ ; dielektrik singuvchanligi 81 ga tengligini hisobga olib;  $Fe(OH)_3$  zolining gradient potensialini aniqlang. Zarrachalarni silindr shaklida deb faraz qiling.

576. Elektrodleri bir-biridan 30 sm uzoqlikda joylashgan elektroforez asbobiga tashqaridan 240 V tok berilganida zarrachalarning siljishi 10 min da 1,436 sm ga teng bo'ladi. Muhit qovushqoqligi  $0,001005 n \cdot \text{soniya}/\text{m}^2$ ; dielektrik singuvchanlik 81 ekanini hisobga olib,  $As_2S_3$  zoli zarrachalarining potensialini aniqlang.

577. Gradient potensial 500 v/m, zarrachalarining harakat tezligi 10 minutda 1,2 sm bo'lib, muhit qovushqoqligi  $0,001 n \cdot \text{soniya}/\text{m}^2$ ; dielektrik singuvchanlik 81 bo'lsa,  $Fe(OH)_3$  zoli zarrachalarining potensialini qanday bo'ladi?

578. Elektrodleri bir-biridan 22 sm uzoqlikda joylashtirilgan elektroforez asbobiga tashqaridan 200 V tok berilsa, zol zarrachalarini harakat tezligi 15 minutda 2 sm bo'ladi. Muhit qovushqoqligi  $0,001 n \cdot \text{soniya}/\text{m}^2$ ; dielektrik singuvchanligi 81 ekanligini hisobga olib, zarrachalarni silindr shaklida deb faraz qilib,  $Fe(OH)_3$  zoli zarrachalarining potensialini aniqlang.

579. Elektroforez vaqtida suspenziya zarrachalarining harakat tezligi  $1,99 \cdot 10^{-4}$  sm/soniya; potensialini pasayishi 0,57 mV; dielektrik singuvchanligi 81; muhit qovushqoqligi esa  $0,001 n \cdot \text{soniya}/\text{m}^2$  ekanligini hisobga olib, suspenziya zarrachalarining potensialini aniqlang. Zarrachalarni silindr shaklida deb faraz qiling.

580. Gradient potentsiali  $10 \text{ v/m}$  bo'lgan tuproq zarrachalari  $5$  soniya da shkalaning  $5$  ta bo'limini (shkalada  $60$  ta bo'lim bo'lib uzunligi  $1 \text{ mm}$  ga teng) harakat qilib o'tadi. Muhit qovushqoqligi  $0,001 \text{ n-soniya/m}^2$ ; dielektrik singuvchanligi  $81$ . Tuproq zarrachalarining potentsiali qanday bo'ladi?

581. Gidrozol zarrachalarining  $\zeta$  potentsiali  $50 \text{ mV}$ . Elektroforez elektrodlarini oralig'i  $40 \text{ sm}$  bo'lib, unga tashqaridan  $240 \text{ V}$  tok berilgan. Suvning qovushqoqligi  $0,001 \text{ n-soniya/m}^2$ ; dielektrik singuvchanligi  $81$ ; zarrachalarni silindr shaklida ekanligini hisobga olib, gidrozol zarrachalarining harakat tezligini aniqlang.

582. Kvarsning suvdagi suspenziyasi tayyorlangan, uzunligi  $20 \text{ sm}$  bo'lgan naychada kvars zarrachalarining tezligi  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ . Potensial farqi  $200 \text{ V}$ ; muhit yopishqoqligi  $0,001 \text{ n-soniya/m}^2$ ; muhitning dielektrik konstantasi  $80$ . Kvars suspenziyasini  $\zeta$  potentsiali qanday bo'ladi?

583. Agar  $0,0008 \text{ A}$  tok ta'sirida membrana orqali o'tayotgan suyuqlikning hajmiy tezligi  $0,15 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{soniya}$ . Eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ ; qovushqoqligi  $0,001 \text{ n-soniya/m}^2$ ; dielektrik singuvchanligi  $81$  bo'lsa,  $KCl$  ning suvli eritmasida turgan kvars yuzasini  $\zeta$  potentsiali qanday bo'ladi?

584. Ezilgan keramika filtr orqali  $KCl$  eritmasi o'tkazilganida oqim potentsiali  $E=0,002 \text{ V}$  ga teng. Eritmaga berilgan bosim  $p=13300 \text{ N/m}^2$ , uni solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $\kappa=1,3 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ ;  $\eta=0,001 \text{ n-soniya/m}^2$ ; dielektrik singuvchanlik konstantasi  $\epsilon=81$ ; elektr konstantasi  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  bo'lsa, keramika va eritma chegarasida  $\zeta$  – potentsiali qanday bo'ladi?

585. Gradient potentsiali  $2 \cdot 10^3 \text{ v/m}$  bo'lgan etil atsetat eritmasidagi alyuminiy zolining zarrachasini elektroforezdagi harakat tezligi qanday bo'ladi? Alyuminiy zarrachasani  $\zeta=42 \text{ mV}$ ; dispers muhit etilatsetatni dielektrik singuvchanligi  $6$ ; yopishqoqligi  $0,00043 \text{ n-soniya/m}^2$  deb olinsin.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12} \text{ f/mga}$  teng. Zarracha sferik shaklda bo'lsa,  $\zeta = \frac{2}{3}$  bo'ladi.

586. Kvarsning suvdagi suspenziyasini  $\zeta$  potentsialini berilgan ma'lumotlardan foydalanib aniqlang. Elektroforezda zarrachalarni anod tomonga siljish tezligi  $180$  daqiqada  $5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ; tashqi maydonning kuchlanishi gradienti  $H=10 \cdot 10^{-2} \text{ v/m}$ ;

dielektrik singuvchanligi  $\epsilon=81$ ; elektrik konstantasi  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m ; muhit yopishqoqligi  $0.001$  n·soniya /m<sup>2</sup> ga teng.

587.  $\zeta$  – potentsiali  $0.058$  V; tashqi maydon kuchlanish gradienti  $H=5 \cdot 10^{-2}$  V/m; muhit yopishqoqligi  $\eta= 0.001$  n·soniya /m<sup>2</sup> ; dielektrik singuvchanligi  $81$ ; elektrik konstantasi  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m bo'lgan berlin lazurini suvli eritmasidagi zarrachalarining elektroforez tezligini aniqlang.

588. Elektroforezda zarracha  $180$  daqiqada  $5.4 \cdot 10^{-2}$  m tezlikda siljisa, tashqi maydon kuchlanish gradienti  $H=8 \cdot 10^{-2}$  V/m; muhit yopishqoqligi  $\eta= 0.001$  n·soniya/m<sup>2</sup> , dielektrik singuvchanligi  $81$ , elektrik konstanta  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m bo'lsa, arsin sulfid zarrachalarining  $\zeta$  potentsiali qanday bo'ladi?

589. Elektroosmos jarayonida tok kuchi  $I = 4 \cdot 10^{-4}$  A;  $0.01$  ml eritmani o'tish vaqti  $\tau=12.4$  soniya; muhitning solishtirma o'tkazuvchanligi  $\kappa=1.8 \cdot 10^{-2}$  Om<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup> ; yopishqoqligi  $\eta=10^{-3}$  n·soniya /m<sup>2</sup>; dielektrik singuvchanligi  $\epsilon=81$ ; elektrik konstantasi  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m bo'lsa, kvarts shisha – KCl eritmasi chegarasida  $\zeta$  potentsial qanday qiymatga ega bo'ladi?

590.  $\zeta$  potentsiali  $6 \cdot 10^{-3}$  V; tok kuchi  $I = 7 \cdot 10^{-3}$  A; solishtirma elektr o'tkazuvchanligi  $\kappa=9 \cdot 10^{-2}$  Om<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup> ; yopishqoqligi  $\eta= 0.001$  n·soniya /m<sup>2</sup> ; dielektrik singuvchanligi  $\epsilon=81$ ; elektrik konstantasi  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m bo'lgan KCl ni suvli eritmasi va jiggar rangli polistirol membrana oralig'ida sodir bo'layotgan elektroosmosni hajmiy tezligi qanday bo'ladi?

591.  $p=20 \cdot 10^3$  N/m<sup>2</sup> bosimda kollodiy membrana orqali KCl eritmasi o'tadi. Muhitni solishtirma elektr o'tkazuvchanlik qiymati  $\kappa=1.3 \cdot 10^{-2}$  Om<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup> ;  $\eta= 0.001$  n·soniya /m<sup>2</sup> ;  $\zeta = 6 \cdot 10^{-3}$  V;  $\epsilon=81$ ;  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m bo'lsa, oqim potentsial  $E$  qancha bo'ladi?

592. Bariy karbonat 96% li etil spirti sistemasida oqim potentsiali  $E= 0,7$  V; membranaga ta'sir etayotgan bosim  $p=7,9 \cdot 10^{-3}$  N/m<sup>2</sup>;  $\kappa= 1.1 \cdot 10^{-4}$  Om<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>;  $\eta= 0.001$  n·soniya /m<sup>2</sup> ;  $\epsilon=81$  va  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m bo'lsa, chegaradagi  $\zeta$  potentsial qanday bo'ladi?

593. Agar sistemani  $\zeta = 54 \cdot 10^{-3}$  V; muhitni  $\kappa = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $\eta = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ n}$  soniya / $\text{m}^2$ ;  $\epsilon = 81$  va  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$  bo'lsa, oqim potentsiali  $E = 1,98 \text{ V}$  bo'lishi uchun  $\text{BaCO}_3$  96% li etil spirti chegarasiga qancha bosim berish kerak?

594. Tajribada ikki usul bilan olingan ma'lumotlarga asoslanib, oqim potentsiali  $E$  ni aniqlang 1) polistirol–membrana orqali o'tgan  $\text{KCl}$  eritmasining hajmiy oqim tezligi  $v = 0,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{soniya}$ ; tok kuchi  $I = 4 \cdot 10^{-4} \text{ A}$ ; 2) eritmani membranadan o'tish uchun  $p = 20 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$  bosim berilgan.

595. Osh tuzi eritmasini elektroforezdagi hajmiy oqim tezligi  $v = 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{soniya}$ , tok kuchi  $I = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ A}$ ; membrananaga berilgan bosim  $p = 24 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}^2$  ekanligidan foydalanib, oqim potentsiali  $E$  ni aniqlang.

### III bob. Sirt hodisasi

#### 1. Sirt taranglik

Kolloid sistemalarni hosil qilishda dag'al moddalarni maydalash muhim ahamiyatga ega. Moddalar maydalanganda ulardan juda ko'p mayda zarrachalar hosil bo'ladi. Har bir zarracha esa o'z sirtiga ega bo'ladi.

Shuning uchun kolloid sistemalarni o'rganilayotganda solishtirma sirt. umumiy sirt kattaliklar kabi ko'rsatkichlar ishlatiladi.

Dag'al moddalar maydalanganida ulardan xosil bo'ladigan zarrachalarning sirt yuzasi ming va undan ortiq kvadrat metrni tashkil qilishi mumkin.

Ko'rinishi shar shaklidagi zarrachaning solishtirma yuzasini aniqlash uchun bitta zarrachaning o'rtacha radiusini bilish kifoya:

$$S_{sol} = nS_0 = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r} (m^{-1}), \quad (III.1)$$

bunda:  $n$  –  $1\text{ m}^3$  hajmdagi zarrachalar soni bu  $\frac{1}{\frac{4}{3}\pi r^3}$  ga teng;

$S_0$  – har bir zarrachani yuzasi (sirt). Solishtirma sirt quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{sol} = nS_0 = \frac{3}{\rho \cdot r} (m^2/kg),$$

bunda:  $n_1$  –  $1\text{ kg}$  massadagi zarrachalar soni, u  $\frac{1}{\frac{4}{3}\pi r^3}$  ga teng, bundagi  $\rho$  – moddaning zichligi.

Moddalarning sirt xosasini o'rganish kolloid kimyo fanini eng muhim masalalaridan biridir.

Sirtning erkin energiyasi ( $A$ ), zarrachalarni umumiy sirti bilan sirt taranglik ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$A = \sigma \cdot S (J/m^2), \quad (III.2)$$

bunda:  $\sigma$  – sirt taranglik.  $J/m^2$ ,  $N/m$ .



Sistemada stabilizator ishtirok etmasa, koagulyasiya sodir bo'lishi hisobiga sirtni erkin energiyasi, sirtini ( $S$ ) kichrayishi hisobiga kamayadi.

Zarrachalarni agregatsiyalanishdan saqlash uchun kolloid sistemaga stabilizator qo'shiladi. Stabilizator sistemaning sirt tarangligini kamaytiradi. Natijada sirtning erkin energiyasi kamayadi.

Sirt taranglik ( $\sigma$ ) qiymati izotermik sharoitda  $1m^2$  yuzani hosil qilish uchun sarflangan ish miqdori bilan o'lchanadi.

Sirt taranglikni aniqlashning bir qancha usullari mavjud.

1. Sirt taranglik stalagmometr yordamida o'lchanadi. Bu usulda stalagmometrdan oqib tushayotgan suyuqlik tomchisi ( $n_c$ ) ni sanab, uning massasi ( $m_s$ ) aniqlanib, so'nggi sirt taranglik xisoblanadi:

$$\sigma = \frac{m_c \cdot g}{n_c \cdot K} \quad (III.3)$$

bunda:  $g$  – Erning tortish kuchini tezligi ( $9,81 m/s^2$  ga teng);

$K$  – tomchi perimetri (har bir asbob uchun o'zgarmas kattalik).

Stalagmometrda dastlab suv tomchisining soni ( $n_{H_2O}$ ), massasi ( $m_{H_2O}$ ) aniqlanib, so'ng  $\sigma_{H_2O}$  aniqlanadi:

$$\sigma_{H_2O} = \frac{m_{H_2O} \cdot g}{n_{H_2O} \cdot K} \quad (III.4)$$

$m_c = \rho_c \cdot V$  va  $m_{H_2O} = \rho_{H_2O}$  ekanligini hisobga olib, (III.3) ni (III.4) ga boshma–bosh taqsimlansa quyidagi qiymat kelib chiqadi:

$$\sigma_c = \sigma_{H_2O} \cdot \frac{m_{H_2O} \cdot n_{H_2O}}{\rho_{H_2O} \cdot n_c} \quad (III.5)$$

yoki

$$\sigma_c = \sigma_{H_2O} \cdot \frac{\rho_c \cdot n_{H_2O}}{\rho_{H_2O} \cdot n_c} \quad (III.6)$$

bo'ladi

Suyuqlik va suvning zichliklari ( $\rho_s$  va  $\rho_{H_2O}$ ), shuningdek,  $\sigma_{H_2O}$  qiymatlari berilgan harorat uchun ilovadagi O'dan olinadi.

2. Suyuqlikni kapillyarga ko'tarilishidan foydalanib, suyuqlikning sirt tarangligini quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\sigma = \frac{h \cdot r \cdot \rho \cdot g}{2}, \quad (\text{III.7})$$

bunda:  $\sigma$  – suyuqlikning sirt tarangligi (N/m<sup>2</sup>).  $r$  – kapillyar radiusi (m, sm, mm);  
 $\rho$  – zichlik (kg/m<sup>3</sup>, g/sm<sup>3</sup>).  $g$  – og'irlik kuchining tezligi (m<sup>2</sup>/sek).

3. Rebinder usuli bo'yicha sirt taranglikni aniqlash uchun suyuqlikni nanometrغا ko'tarilish balandliklari o'lchanadi.

Nanometrning har ikkala tomoniga ko'tarilgan suyuqlikni balandliklari o'lchanib, ularni farqi aniqlanadi.  $h$  balandlik kapillyardagi bosimga to'g'ri proporsional bo'ladi. Suyuqlik va suvni kapillyarda ko'tarilgan balandliklari  $h_c$  va  $h_{H_2O}$  o'lchanib, quyidagi formuladan sirt taranglik hisoblanadi:

$$\sigma_c = \sigma_{H_2O} \cdot \frac{h_c}{h_{H_2O}}, \quad (\text{III.8})$$

$$\sigma_c = \sigma_{H_2O} \cdot \frac{p_c}{p_0}, \quad (\text{III.9})$$

bunda:  $p_s$  – o'rganilayotgan suyuqlik bosimi;  
 $p_0$  – suvning bosim, (bosim N/m<sup>2</sup>).

**1- misol.** Stalagmometrda asta-sekin oqib tushayotgan toluolning 38 ta tomchisini og'irligi 1,4864 g keladi. Shu asbobda oqib chiqayotgan suvning 25 tomchisining massasi 2,6570 g. Suyuqliklarni oqish vaqtida harorat 323 K bo'lgan. Shu haroratda suvning sirt taranglik qiymatini ilovadagi odan olib, toluolning ayni haroratdagi sirt tarangligini aniqlang.

**Berilgan:**  $n_{suv} = 25$ ;  $m_{suv} = 2,6570$  g;  $n_{tol} = 38$ ;  $m_{tol} = 1,4864$  g;  
 $\sigma_{suv} = 67,91 \cdot 10^{-3}$  N/m ;  $T = 323$ K.

**Noma'lum:**  $\sigma_{tol} = ?$

**Yechish:**  $\sigma_{tol} = \sigma_{H_2O} = \frac{m_{tol} \cdot n_{suv}}{m_{suv} \cdot n_{tol}} = 67,91 \cdot 10^{-3} \frac{1,4864 \cdot 25}{2,6570 \cdot 38} = 25 \cdot 10^{-2}$  N/m.

**2- misol.** 293 K da metil spirtning sirt tarangligi  $22,6 \cdot 10^{-3}$  N/m , zichligi 0,790 g /ml. Suyuklik 1.5 sm balandlikka ko'tarilishi uchun naycha kapillyarining radiusi qanday bulishi kerak ?

**Berilgan:**  $T = 293\text{K}; \sigma_s = 22,6 \cdot 10^{-3}$  N/m;  $\rho_s = 0,790$  g/ml;  $h = 1,5$  sm;  
 $g = 9.81$  m<sup>2</sup>/soniya.

**Noma'lum:**  $r = ?$

**Yechish:**  $\sigma = \frac{h \cdot r \cdot \rho \cdot g}{2}$  dan  $r = \frac{2\sigma}{h \cdot \rho \cdot g} = \frac{2 \cdot 22,6 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 0,790 \cdot 9,81} = 3,89 \cdot 10^{-3}$  m.

### Masalalar

596. Bir xil sharoitda 36 tomchi naftalin ( $C_{10}H_8$ ) ning massasi 2,45 g, 1 tomchi suvning massasi 0,1321g ga teng.

Suvning sirt tarangligini odan olib. suyuqlanish harorati 80.2°C bo'lgan naftalinning sirt taranglik qiymatini aniqlang.

597. 24°C da suv va spirtning uch xil eritmasini tomchilari stalagometrda ketma-ket o'tkazilgan. 29 tomchi suvning massasi  $4,64 \cdot 10^{-3}$  g.

Spirt massasi (g)	$4,616 \cdot 10^{-3}$	$4,622 \cdot 10^{-3}$	$4,40 \cdot 10^{-3}$
Spirtni tomchilari soni	41	57	75

Har bir spirt eritmasining sirt tarangligini aniqlang. Suvning sirt taranglik qiymatini ilovadagi odan berilgan harorat uchun topilsin.

598. Zichligi 0.790 g/ml bo'lgan atseton radiusi  $2,3 \cdot 10^{-2}$  sm bo'lgan naycha kapillyaridan  $2,56 \cdot 10^{-2}$  m balandlikka ko'tariladi. Atsetonning sirt tarangligini aniqlang.

599. Zichligi 0.660 g/ml bo'lgan normal geksanning sirt tarangligi  $18,43 \cdot 10^{-3}$  N/m ga teng bo'lib, naycha kapillyaridan  $1,5 \cdot 10^{-2}$  m balandlikka ko'tariladi. Shu kapillyarning radiusi qancha bo'lishi mumkin?

600. Zichligi  $0,982 \text{ g/ml}$  bo'lgan piridinning sirt tarangligi  $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ , piridin  $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  balandlikka ko'tarilishi uchun kapillyar radiusi qancha bo'lishi kerak?

601.  $14,7^\circ\text{C}$  da zichligi  $1124 \text{ g/ml}$  bo'lgan atsetilxlorid radiusi  $1,43 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  bo'lgan kapillyarda  $3,28 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  bo'lgan balandlikka ko'taradi. Harorat  $319,2 \text{ K}$  ga etganida suyuqlikning zichligi o'zgarib,  $1,064 \text{ g/ml}$  bo'lib qoladi va kapillyarda  $2,85 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  balandlikka ko'tariladi. Harorat  $14,7^\circ\text{C}$  dan  $46,2^\circ\text{C}$  ga o'zarganida atsetilxloridning sirt tarangligi necha marta o'zgaradi?

602. Rebinder usuli bilan sirt taranglik o'lchanganida,  $30^\circ\text{C}$  da nanometrdagi suvning balandligi  $8,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  va etil spirtiniki  $2,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  bo'lsa, shu haroratda etil spirtining sirt tarangligi qanday bo'ladi?

603. Agar xona haroratida Rebinder usuli bilan sirt taranglik aniqlansa, nanometrdagi suyuqlikni o'rtacha balandligi xloroform uchun  $3,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  va suv uchun  $9,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  ni tashkil qilsa,  $\text{CHCl}_3$  ning sirt tarangligi qanday bo'ladi?

604.  $22^\circ\text{C}$  da simobning sirt tarangligi aniqlanganida, asbobdagi simob bug'ining maksimum bosimi  $1220 \text{ Pa}$ , suvnikisi esa  $188 \text{ Pa}$  ga teng bo'lgan; shu haroratda simobning sirt tarangligi qanday bo'ladi?

605. Zichligi  $\rho = 3,43 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , zarrachasining o'rtacha diametri  $120 \cdot 10^{-8} \text{ m}$  bo'lgan  $\text{As}_2\text{S}_3$  zolining solishtirma sirti qanday bo'ladi?

606. Zichligi  $\rho = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  bo'lgan kaolin suspenziyasini shar shaklidagi zarrachasining o'rtacha diametri  $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  bo'lsa, suspenziyaning solishtirma sirti qancha bo'ladi?

607. Xo'jalikda isitish uchun ishlatiladigan tuproq aralash ko'mirni teshigi  $0,075 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  elakdan o'tkaziladi. Ko'mirning zichligi  $\rho = 1,8 \text{ kg/m}^3$  bo'lsa, uni solishtirma sirti qancha bo'ladi?

608. Zichligi  $\rho = 1,8 \text{ kg/m}^3$  zarrachasining diametri  $0,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  bo'lgan  $1 \text{ kg}$  ko'mirning solishtirma sirtini hisoblang.

609. Zichligi  $1,26 \text{ kg/m}^3$  bo'lgan glitserin radiusi  $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  bo'lgan kapillyarda  $h = 26,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  balandlikka ko'tarilsa, uning sirt tarangligi qanday bo'ladi.

610. Traube stalagmometri yordamida quyidagi ma'lumotlar olingan: anilin tomchisi 42; uning zichligi  $\rho = 1,4 \text{ kg/m}^3$ ; suv tomchisi 18. Suvning sirt tarangligi

$\sigma_{\text{c}} = 73,26 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$  . Harorat 288 K. Shu qiymatlardan foydalanib, anilinning sirt tarangligini aniqlang.

611. Platina metalli qirrachasining uzunligi  $10^{-7}$  sm bo'lgan kubchalarga maydalangan. Platina metallining zichligi 21,3 g/ml. 1 g maydalangan platina zarrachalarining umumiy sathi qancha bo'ladi?

612. Kumushning kolloid eritmasi tayyorlangan bo'lib, uning zarrachalarini qirra uzunligi  $4 \cdot 10^{-6}$  sm bo'lgan kubchalardan iborat. Kumush metallining zichligi 10,5 g/ml bo'lsa: a) 0,1 g kumushdan necha dona kolloid zarracha olish mumkin? b) olingan kumush zarrachalarining umumiy yuzasi qancha bo'ladi?

613. Simob zoli diametri  $6 \cdot 10^{-6}$  sm li sharchalardan iborat; simobning zichligi 13,55 g/sm<sup>3</sup> ga teng: a) simob zarrachalarining umumiy yuzasi; b) 1 g simob maydalanganida necha dona simob zarrachalari hosil bo'lishini aniqlang.

614. Simob zoli diametri  $6 \cdot 10^{-6}$  sm li sharsimon zarrachalardan iborat bo'lsa, 0,5 sm<sup>3</sup> simob zarrachalarining umumiy yuzasi qancha bo'ladi?

615. Zichligi 10,5 g/sm<sup>3</sup> , qirrasining uzunligi 0,5 sm bo'lgan kumush zarrachalari maydalanganida, qirrasining uzunligi  $5 \cdot 10^{-6}$  sm li zarralar hosil bo'ladi. Shu zarrachalarning umumiy soni qanchaga ortadi?

616. 1 g oltinugurt maydalanganida hosil bo'lgan zarrachalarining umumiy sirtini aniqlang. Zarrachalar ikki shaklda hosil bo'lgan: 1) qirralarining uzunligi  $10^{-5}$  sm bo'lgan kubchalar holida; 2) ko'ndalang kesim:  $2 \cdot 10^{-6}$  sm bo'lgan sharchalar holida. Oltinugurtning zichligi 2,07 g/sm<sup>3</sup>.

617. 1,0 sm<sup>3</sup> simob maydalanganida radiusi  $8 \cdot 10^{-6}$  sm bo'lgan sharchalar hosil bo'lgan. Simobning zichligi 13,546 g/sm<sup>3</sup>. Hosil bo'lgan sharchalarning soni necha?

618. Glitserin radiusi  $0,4 \cdot 10^{-2}$  sm bo'lgan kapillyarda  $h = 26,8 \cdot 10^{-1}$  sm balandlikka ko'tarilsa, uning sirt tarangligi qancha bo'ladi? Glitserinning zichligi 1,26 g/sm<sup>3</sup>

## 2. Adsorbsiya. Fazalar chegarasidagi adsorbsiya

Ma'lum fazada mavjud bo'lgan bir moddaning sirtida ikkinchi moddaning konsentratsiyasini ortishiga *adsorbsiya* deyiladi.

Moddalarni qattiq jism yoki suyuqlikka yutilishi *sorbsiya* deyiladi. Jism sirtida boradigan sorbsiya *adsorbsiya* deyiladi. Adsorbsiya natijasi musbat va manfiy bo'lishi mumkin.

Agar adsorbent sirtida yutilayotgan modda konsentratsiyasi ortsa, uni musbat, aksincha, kamaysa manfiy adsorbsiya deyiladi. Adsorbsiya adsorbentni 1 m<sup>2</sup> yoki 1 sm<sup>2</sup> sirtiga yutilgan moddaning mol sonlari yoki moddaning ma'lum massasini yutilishi bilan o'lchanadi.

Adsorbent sirtini o'lchashdan ko'ra uning massasini aniqlash qulayroq. SHuning uchun adsorbent massasini tajribadan oldin va keyin tortib olib, yutilgan modda miqdori aniqlanadi.

Gazlarning adsorblanishi sm<sup>3</sup>/g yoki m<sup>3</sup>/kg bilan ifodalanadi.

Adsorbsiya qiymati adsorbentning tabiatiga, konsentratsiya, harorat va bosimga bog'liq bo'ladi.

Eritma – gaz chegarasidagi adsorbsiya sirt 0.01m<sup>2</sup> qatlamidagi ortiqcha modda miqdori bilan o'lchanadi. Buni eritmaning sirt konsentratsiyasi, deb ham ataladi va  $\Gamma = \frac{1}{S}$  bilan ifodalanadi. Bunda S – 1 mol modda erigan eritma sirtining qatlami. Sirtidagi  $\Gamma$  miqdori, sirt qatlamida modda yig'ilganida, sirt taranglikni o'zgarishiga qarab Gibbs tenglamasi orqali hisoblanadi:

$$\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}, \quad (III.10)$$

bunda:  $s$  – modda konsentratsiyasi mol/sm<sup>2</sup> yoki kmol/m<sup>2</sup>;  $R$  – gaz doimiysi J/kmol·K;

$T$  – absolyut harorat;

$\frac{d\sigma}{dc}$  – sirtidagi konsentratsiyaga bog'liq bo'lgan sirt taranglikning o'zgarishi.

Hisoblash olib borilganida  $\frac{d\sigma}{dc}$  ni quyidagicha almashtirish mumkin:

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta c} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{c_2 - c_1}, \text{ u holda}$$

$$\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{c_2 - c_1}, \quad (III.11)$$

(III.10) dan  $\frac{d\sigma}{dc} > 0$  bo'lganida  $\Gamma < 0$  manfiy («-») adsorbsiya bo'ladi,  $\frac{d\sigma}{dc} < 0$  bo'lganida esa  $\Gamma > 0$  musbat («+») adsorbsiya boradi.

Adsorbsiya musbat bo'lganida fazaning ichiga nisbatan sirt qatlamida erigan modda konsentratsiyasi yuqori, ya'ni  $\sigma_1 > \sigma_2$  bo'ladi.

Agar modda yaxshi adsorbsiyalanib, erituvchining sirt tarangligini kamaytirsas, bunday moddalar sirt-aktiv moddalar deyiladi.

Qattiq modda – suyuqlik chegarasidagi adsorbsiya qiymatini tajribada aniqlash ancha murakkab, bunday sistemadagi adsorbsiya qiymati eritma konsentratsiyasini o'zgarishiga qarab hisoblanadi. 1 g yoki 1 kg adsorbentga adsorbsiyalangan modda va adsorbent orasidagi o'zaro bog'liqlik, adsorbsiyaning muvozanat holatidagi konsentratsiyasi yoki bosimiga qarab Freyndlix formulasidan aniqlanadi:

$$\frac{x}{m} = ac^n \quad \text{yoki} \quad \frac{x}{m} = ap^n, \quad (\text{III.12})$$

bunda:  $X$  – adsorbsilangan modda miqdori,  $g$  yoki  $kg$ ;  $m$  – adsorbent massasi,  $g$  yoki  $kg$ ;

$s$  – muvozanat holatidagi eritma konsentratsiyasi;

$a$  va  $n$  lar tajriba yo'li bilan aniqlanadigan doimiy sonlar;

$p$  – gaz bosimi, Pa.

Kuchli adsorbent va adsorbsiyalanadigan moddalar uchun  $\frac{1}{n}$  ning qiymati 0,1 dan 0,5 gacha bo'ladi. Konstanta  $a$  adsorbsiyalangan modda miqdoriga bog'liq bo'lib, reaksiya davomida o'zgaradi.  $a$  va  $\frac{1}{n}$  larni grafikda aniqlash mumkin (III.12) formula logarifmlansa, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\lg \frac{x}{m} = \lg a + \frac{1}{n} \lg c \quad \text{yoki} \quad \lg \frac{x}{m} = \lg a + \frac{1}{n} \lg p. \quad (\text{III.13})$$

Ikki xil konsentratsiya uchun  $\frac{x}{m}$  qiymatini aniqlab,  $c$  yoki  $P$  larni  $\lg$  qiymatlari asosida grafik tuzib,  $a$  va  $n$  lar aniqlanadi.

Grafik tuzish uchun absissa o'qiga muvozanat holatidagi  $lg c$  yoki  $lg p$ , ordinata o'qiga esa adsorbsiya qiymati  $lg \frac{x}{m}$  qo'yiladi.  $lg c = lg p = 0$  bo'lganida  $\frac{x}{m} = lg a$  bo'ladi.

Hosil bo'lgan burchakni  $tg \gamma$  qiymati  $\frac{1}{n}$ ga teng keladi.

Lekin Freyndlix tenglamasini kichik va yuqori bosimda adsorbsilanadigan moddalarga qo'llab bo'lmaydi. Bunday moddalarga molekulyar-kinetik nazariya asosida keltirib chiqarilgan Lengmyurni izotermik adsorbsiya tenglamasi qo'llaniladi:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{p}{p+b}, \quad (III.14)$$

bunda:  $\Gamma$  – 1 sm<sup>2</sup> yoki 1 m<sup>2</sup> adsorbent sirtiga yutilgan adsorbat miqdori, mol yoki kmol;

$\Gamma_{\infty}$  – adsorbent sirtiga to'yinish darajasida yutilgan adsorbat miqdori, mol yoki kmol;

$p$  – bosim;

$b$  – muvozanat holatidagi adsorbsilanish konstantasi .

Konstanta  $b$  ni aniqlash uchun  $\Gamma = \frac{\Gamma_{\infty}}{2}$  deb olinadi.

$\Gamma$  qiymatini (III.14) ga qo'yib chiqiladi:  $b$  ning qiymati adsorbktiv bosimiga teng.

$\frac{\Gamma_{\infty}}{2} = \Gamma_{\infty} \frac{p}{p+b}$ ;  $2p = p + b$ ;  $b = p$ . Shularga qarab  $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{bc}{bc+1}$  dan foydalanish mumkin.  $\Gamma$  va  $b$  larni grafik usulda aniqlash uchun Lengmyur tenglamasi to'g'ri chiziqli ko'rinishga keltiriladi. Uning uchun  $J$  ni tenglamaning har ikkala tomoniga bo'linadi:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \frac{p}{p+b}}; \frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty}} \cdot \frac{1}{p} + \frac{1}{\Gamma_{\infty}}. \quad (III.15)$$

**1- misol.** Zichligi 19.32 g/ml bo'lgan 2 g oltin maxsus tegirmonda maydalansa, qirrachasining uzunligi 10<sup>-8</sup> m bo'lgan kubchalar hosil bo'ladi. Shu zarrachalarning umumiy yuzi qanday bo'ladi?



**Berilgan:**  $\rho = 19.32 \text{ g/ml}; m = 2 \text{ g}; l = 10^{-8} \text{ m}.$

**Noma'lum:**  $S_{\text{sol}} = ? S_{\text{um}} = ?$

**Yechish:** 1)  $S_{\text{sol}} = \frac{b}{l} = \frac{6}{10^{-8}} = 6 \cdot 10^{10} \text{ sm}.$

2)  $S_{\text{um}} : 2 \text{ g oltin metallini hajmi hisoblanadi:}$

$$m = \rho \cdot V \text{ dan } V = \frac{m}{\rho} = \frac{2}{19.32} = 0,10352 \text{ sm}^3 .$$

3) *Oltin zarrachalarining umumiy sathi:*

$$S_{\text{um}} = S_{\text{sol}} \cdot V = 6 \cdot 10^{10} \cdot 0,10352 = 0,621 \cdot 10^{10} \text{ sm}^2.$$

**2- misol.** 293 K da, suvda 29 g anilin eritilgan. Anilinning sirt tarangligi  $341 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ . Suvning sirt taranglik qiymatini shu harorat uchun ilovadagi odan olib, anilin eritmasi sirtidagi ortiqcha adsorbsiya va uning zaryadini aniqlang.

**Berilgan:**  $T = 293 \text{ K}; R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}; \sigma_{\text{suv}} = 72.28 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}; m_{\text{suv}} = 1000 \text{ g};$

$$M_{\text{suv}} = 18; m_{\text{an}} = 29 \text{ g}; M_{\text{an}} = 93 \text{ g}; \sigma_2 = 341 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}.$$

**Noma'lum:**  $c_1 = ?; c_2 = ?; \Gamma = ?$

**Yechish:** 1) a)  $c_1 = \frac{1000}{18} = 55,56 \text{ mol}.$  b)  $c_2 = \frac{29}{93} = 0,312 \text{ mol}.$

$$\Gamma = \frac{c_2 \cdot \sigma_2 - \sigma_1}{RT \cdot c_2 - c_1} = \frac{0,312}{8,134 \cdot 293} \cdot \frac{341 \cdot 10^{-3} - 72,28 \cdot 10^{-3}}{0,312 - 55,6}$$

$$\Gamma = 6,22 \cdot 10^{-7} \text{ mol m}^2.$$

*Adsorbsiya natijasi musbat.*

## Masalalar

619.291 K da zichligi  $1.143 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan 20 % li  $H_2SO_4$  eritmasining sirt tarangligi  $75.2 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$  ga, shu haroratda suvning sirt tarangligi  $73.05 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$  ga teng bo'lsa, eritma sirtidagi ortiqcha adsorbsiya miqdori (kmol hisobida) qancha bo'ladi?

620. Zichligi  $1.219 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan 20 % li  $NaOH$  eritmasini 293 K dagi sirt tarangligi  $85.5 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ , aynan shu haroratda suvniki  $72.75 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$  bo'lsa, ishqor sirtidagi adsorbsiya ( $\text{kmol/m}^2$ ) qanday bo'ladi?

621.288 K da izovalerian kislotaning sirt tarangligini konsentratsiyaga bog'liqligi quyidagicha berilgan:

Kislota konsentratsiyasi, $\text{kmol/m}^3$	0.0312	0.25
Sirt taranglik, $\text{N/m}$	$57.5 \cdot 10^{-3}$	$35.0 \cdot 10^{-3}$

Shu haroratda suvning sirt tarangligi  $73.49 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$  bo'lsa, kislota eritmasi sirtidagi adsorbsiya ( $\text{kmol/m}^3$ ) qancha bo'ladi?

622.293 K da fenolning suvdagi eritmasining sirt tarangligini konsentratsiyaga bog'liqligi quyidagicha berilgan:

Fenol konsentratsiyasi, $\text{kmol/m}^3$	0.0156	0.0625
Sirt taranglik, $\text{N/m}$	$58.2 \cdot 10^{-3}$	$43.3 \cdot 10^{-3}$

Shu haroratda suvning sirt tarangligi  $72.75 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$  bo'lsa, fenol eritmasi sirtida adsorbsiyalangan modda miqdori ( $\text{kmol/m}^3$ ) qancha bo'ladi?

623.283 K da, konsentratsiyasi  $0.000316 \text{ mol/l}$  bo'lgan pelargon [ $CH_3(CH_2)_7COOH$ ] kislota suvda eritilgan. Shu haroratda eritmaning sirt tarangligi  $57.0 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ , suvniki  $74.22 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$  ga teng. Eritma sirtida adsorbsiyalangan kislota miqdorini aniqlang ( $\text{kmol/m}^3$ ).

624.298 K da amil spirtini ( $C_5H_{11}OH$ ) suvdagi eritmasining sirt tarangligi konsentratsiyaga bog'liqligi quyidagi jadvalda berilgan:

Konsentratsiya, kmol/m <sup>3</sup>	0	0,0019	0,0038	0,0075	0,015	0,030	0,060	0,12
sirt taranglik, 10 <sup>-3</sup> N/m	72,0	70,4	69,2	66,7	61,7	55,3	46,6	38,0

Shular asosida grafik chizib, konsentratsiya 0,030 kmol/m<sup>3</sup> ga to'g'ri kelgan amil spirtining adsorbsiyalangan miqdorini aniqlang.

625.90 K da slyudaga adsorbsiyalangan azot miqdorini (m<sup>3</sup>/kg) aniqlang (harorat 20°C va bosim 101325 Pa), azotning bosimi 3173 Pa,  $\Gamma_{\infty} = 0,0385$  m<sup>3</sup>/kg;  $b = 847$  ga teng.

626. Konsentratsiyasi  $c = 0,1$  kmol/m<sup>3</sup> bo'lgan izoamil spirtini 292 K da suvli eritma havo chegarasidagi adsorbsiyalangan miqdorini Lengmyur formulasi bo'yicha hisoblang.  $\Gamma_{\infty} = 8,7 \cdot 10^{-9}$  kmol/m<sup>2</sup>,  $b = 42$  ga teng deb qabul qilinsin.

627.  $p = 2,8 \cdot 10^2$  Pa bosim ta'sirida seolit sirtiga azot gazi adsorbsiyalanish miqdorini Lengmyur formulasi bo'yicha hisoblang.  $\Gamma_{\infty} = 38,9 \cdot 10^{-3}$  kmol/m<sup>2</sup>,  $b = 0,0156 \cdot 10^{-2}$  ga teng deb olinsin.

3. Lengmyur formulasini konstantalari:  $\Gamma_{\infty} = 182 \cdot 10^{-3}$  kmol/m<sup>2</sup> va  $b = 0,1 \cdot 10^{-2}$  bo'yicha CO<sub>2</sub> gazini aktivlangan ko'mirga  $10 \cdot 10^2 - 400 \cdot 10^2$  Pa bosim chegarasida adsorbsiyalangan miqdorini aniqlang.

## VI bob. Kolloid sistemalarning optik xossalari

Kolloid eritmalarining optik xossalariidan foydalanib, ularning disperslik darajasini va dispers fazaning konsentratsiyasini aniqlash mumkin.

Molekulyar eritmalar singari kolloid eritmalar ham nurni yutish va sindirish xossasiga ega. Bundan tashqari, kolloid eritmalar nurni tarqatish xossasiga ega. Kolloid sistemalarda nurni tarqalishi, zarrachalarning radiusi va nurning to'liqin uzunligiga bog'liq. Taxminan  $2r \approx \lambda$  bo'lishi kerak. Nurning tarqalish xossasi Relee tomonidan o'rganilgan va nazariya yaratilgan. Relee qonuniga muvofiq, shulalanish intensivligi  $J$  zarracha o'lchoviga, konsentratsiyaga va nurni sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligi ( $r > \lambda$ ) quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$J = J_0 \frac{24\pi^3 n V^2}{\lambda^4} \frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2}, \quad (\text{IV.1})$$

bunda  $J_0$  – tushayotgan nurning intensivligi;  $n - 1 \text{ m}^3$  eritmadagi zarrachalar soni;

$V - \text{m}^3$  eritmadagi har bir zarraning hajmi;

$n_1$  va  $n_0$  – dispers faza va dispers muhitlarning nurni sindirish ko'rsatkichi;

$\lambda$  – tushayotgan nurning to'liqin uzunligi.

Relee tenglamasini tubidagicha ham ko'rsatish mumkin:

$$\frac{J}{J_0} = K \cdot \frac{cr^3}{\lambda^4}. \quad (\text{IV.2})$$

Formulaga konsentratsiyani kiritish uchun  $V$  ning moddaning zichligiga ( $\rho$ ) ko'paytiriladi. U holda  $c = V \cdot \rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) bo'ladi.

Zarracha hajmi ( $V$ ) ni  $\frac{4}{3}\pi r^3$  ga almashtirilib, barcha doimiy qiymatlar va zichlik ( $\rho$ ) ni birgalikda,  $K$  (konstanta) bilan ifodalangan.  $\frac{J}{J_0}$  – bu nisbat maydalangan moddaning konsentratsiyasi va zarracha radiusiga proporsional bo'ladi.

Kolloid zollarining shu'lalanishini Ultramikroskop yordamida aniqlangan.

Zigmondi ultramikroskopida  $W$  hajmdagi zolning zarrachalar soni ( $n$ )ni aniqlash mumkin.  $W$  hajmda ko'ringan zarrachalarning massasi  $cW$  bo'lsa, 1 dona zarrachaning massasi  $m = \frac{cW}{n}$  bo'ladi.

Zarracha shaklini sharsimon deb faraz qilinsa, uning radiusi ( $r$ ) ni hisoblash mumkin:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3cW}{4\pi n\rho}}. \quad (IV.3)$$

Agar zarracha kubik shaklida bo'lsa, u vaqtda kubikning qirra uzunligi  $l$  aniqlanadi:

$$V = \frac{cW}{\rho n^3}$$

bunda:  $V$  – zarracha hajmi yoki

$$l = \frac{cW}{\rho n^3}. \quad (IV.4)$$

XX asrning 60–yillarida B.V.Deryagin va G.YA.Vlasenkolar nurning tarqalishini o'rganishni oson va qulay usuli oqim (*поточный*) ultramikroskopini ishlab chiqarishgan.

Kolloid eritmalarida nur tarqalishini nefelometr yordamida o'lchanadi. Dispers faza zarrachalarining o'lchovi yoki konsentratsiyani ham nefelometrda aniqlash mumkin. Bu asbobning ishlash usuli ikki xil sistemaning xiralik darajasini aniqlashga asoslangan. Sistemaning bittasini xiraligi ma'lum bo'lishi kerak. Ikkinchi sistemaning xiralik darajasini birinchi sistemaga nisbatan aniqlanadi:

$$\tau_1 h_1 = \tau_2 h_2, \quad (IV.5)$$

bunda:  $\tau_1$  va  $\tau_2$  lar sistemalarning xiralik qiymati.  $\tau$  konsentratsiyaga to'g'ri proporsional.

Relee nazariyasiga asoslanib Debay eritmaga tushgan nur xiraligini zarracha o'lchoviga bog'liq qiymatini ko'rsatuvchi quyidagi formulani taklif qiladi:

$$\tau = HcM, \quad (IV.6)$$

bunda:  $c$  – konsentratsiya  $\text{kg/m}^3$ ;  $H$  – umumiy konstanta;

$M$  – moddaning molekulyar yoki mitsellyar og'irligi.

Debay formulasi kuchli suyultirilgan eritmalariga to'g'ri keladi.

Ma'lumki, kolloid eritmalarini yonboshidan yoritilganida shu'lalanish yaxshi ko'rinadi. Tushayotgan nurning intensivligi asosida shu'lalanishni aniqlash mumkin. Kolloid eritmaga tushayotgan nurning intensivligi uni yutilish va atrofga tarqalishi hisobiga kuchsizlanadi. Buni Lambert–Ber o'rganishib, qonun yaratishgan va quyidagi formulani taklif qilishgan:

$$J = J_0 e^{-\varepsilon cd}, \quad (IV.7)$$

bunda:  $J$  – eritmadan o'tayotgan nurning intensivligi;  $d$  – nur yutayotgan qatlam qalinligi (m);

$c$  – modda konsentratsiyasi ( $\text{kg/m}^3$ );

$\varepsilon$  – shaxsiy konstanta, u modda tabiatiga, nurning to'lqin uzunligiga bog'liq bo'lib,  $c$  ga bog'liq bo'lmaydi.

$\lg \frac{J}{J_0}$  – sistemaning optik zichligi deb ataladi, ya'ni

$$D_\lambda = \lg \frac{J}{J_0} = \varepsilon cd. \quad (IV.8)$$

Lambert–Ber qonuniga muvofiq  $D_\lambda$  ni  $c$  ga bog'liqligi grafikda to'g'ri chiziq bo'ladi.  $D_\lambda$  ni o'lchab eritmaning konsentratsiyasini aniqlash mumkin.  $D_\lambda$  ni har xil kalorimetr va fotometrlar yordamida aniqlanadi.

$D_\lambda$  ni  $c$  ga bog'liqligini to'g'ri chiziq bo'lishi eritmalarining rangiga bog'liq.

Ma'lum konsentratsiya chegarasida Lambert–Ber formulasini zollarga qo'llash mumkin.

Buning uchun optik hodisalarning ikkisidan biri (shu'lalanish yoki nurning yutilishi) yuqori bo'lishi kerak.

Bularga misol qilib, kub buyog'i va sulfid bo'yoq, organik pigmentlar, ochiq rangli, lekin kuchsiz xira gidrozollarni olish mumkin.

Aksincha, oq rangli zollar –  $TiO_2, SiO_2, Al(OH)_3$ . rangsiz (ammo xira) lateks uchun. Geller optik zichlik  $D_\lambda$  bilan to'liq uzunligining o'zaro bog'liqligini aniqlab quyidagi formulani keltirib chiqardi:

$$D_\lambda = K\lambda^{-\alpha}, \quad (IV.9)$$

bunda:  $\lambda$  – tushayotgan nurning to'liq uzunligi.

$\alpha$  – koeffitsiyent, bu qiymat zarracha diametriga munosib ravishda 1 dan 4 gacha o'zgarib turadi. Bu amaliyotda muhim ahamiyatga ega.

$D_\lambda$  va  $\lambda$  lar orasida zol zarrachalarining o'lchovini aniqlash mumkin. Uning uchun  $lg D_\lambda = f(lg \lambda)$  asosida grafik chiziladi. Grafikda hosil bo'lgan burchak tangensining qiymati  $\alpha$  ga teng bo'ladi.

$D_\lambda = K\lambda^{-\alpha}$  ni logarifmlansa:  $lg D_\lambda = lg K - \alpha lg \lambda$  hosil bo'ladi.

Lateks uchun Gellerning kalibirovka egrisi koordinatalarida  $\alpha = f(d)$  bo'ladi. Bunda  $d$  – o'rganilayotgan eritmadagi zarrachaning o'rtacha diametri va uni aniqlash mumkin.  $\alpha$  ni Teorella usuli bilan ham aniqlash mumkin. Bu usulda ikki nur filtridan foydalaniladi. Ikkita nur to'liqini uchun ikkita  $D_\lambda$  qiymati olinadi. Keyin ularning nisbati olinadi:

$$\frac{D_{\lambda_1}}{D_{\lambda_2}} = \frac{\lambda_2^\alpha}{\lambda_1^\alpha}. \quad (IV.10)$$

bunda:  $\alpha$  – ni qiymati grafikdan aniqlanadi.  $\alpha$  – ni qiymati zarracha o'lchovini ko'rsatadi.

**1- misol.** Ultramikroskop yordamida oltin gidrozolini o'rganilganida,  $12 \cdot 10^{-19} \text{ m}^3$  hajmida 10 dona oltin zarrasi ko'ringan. Zol konsentratsiyasi  $c = 30 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$ , zol zichligi  $\rho = 19.3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  bo'lsa, zol zarrachasi shar shaklida deb faraz qilinsa, uni o'rtacha radiusi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $W = 12 \cdot 10^{-19} \text{ m}^3$ ;  $n = 10$  dona;  $c = 30 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho = 19.3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

**Noma'lum:**  $r = ?$

**Yechish:** 
$$r = \sqrt[3]{\frac{3cW}{4\pi n\rho}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 30 \cdot 10^{-2} \cdot 12 \cdot 10^{-19}}{4\pi \cdot 10 \cdot 19,3 \cdot 10^3}} = 7,64 \cdot 10^{-9} \text{ m.}$$

**2- misol.** Oqimli mikroskop usuli bilan  $2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$  hajmda marten pechi tutuni zolining 60 ta zarrachasi sanab aniqlangan. Aerozol konsentratsiyasi  $c = 10 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ , zichligi  $\rho = 2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  bo'lib, zarrachalar formasi kub shaklida. Kubning qirra uzunligi  $l$  ni aniqlang.

**Berilgan:**  $W = 2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$ ;  $c = 10 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho = 2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  $n = 60$ .

**Noma'lum:**  $l = ?$

**Yechish:** 
$$l = \sqrt[3]{\frac{cW}{n\rho}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^3 \cdot 60}} = 1,291 \cdot 10^{-9} \text{ m.}$$

**3-misol.** Yuqori dispersli polistirol, to'liqin uzunligi  $\lambda_1 = 480 \cdot 10^{-9}$ ,  $\lambda_2 = 220 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ , bo'lgan monoxromatik yorug'lik bilan yoritilgan. Shu sistemaning nur tarqalish intensivligini aniqlab, taqqoslab qo'ring,  $\alpha = 4$  ga teng.

**Berilgan:**  $\lambda_1 = 480 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ ;  $\lambda_2 = 220 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ ;  $\alpha = 4$ .

**Noma'lum:**  $\frac{D_{\lambda_1}}{D_{\lambda_2}} = ?$

**Yechish:** 
$$\frac{D_{\lambda_1}}{D_{\lambda_2}} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \alpha = \frac{220 \cdot 10^{-9}}{480 \cdot 10^{-9}}^4 = 0,0441.$$

**4- misol.** Benzinni suvdagi eritmasining nurni sindirish burchagi  $n_1 = 1,18$ , tetralinning suvdagi eritmasiniki esa  $n_2 = 1,24$ , suvniki  $n_0 = 1,13$ . Harorat  $293 \text{ K}$ . Eritmalarning konsentratsiyasi va zarrachalarining o'lchovi bir xil. Ikkala emulsiyada nurning tarqalish intensivligini aniqlang.

**Berilgan:**  $n_1 = 1,18$ ;  $n_2 = 1,24$ ;  $n_0 = 1,13$ ;  $T = 293 \text{ K}$



**Noma'lum:**  $J = ?$

Yechish: 
$$J_1 = 24\pi^2 \frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2}^2 = 24\pi^2 \frac{1,18^2 - 1,13^2}{1,18^2 + 2 \cdot 1,13^2}^2 = 0,203,$$
$$J_2 = 24\pi^2 \frac{n_2^2 - n_0^2}{n_2^2 + 2n_0^2}^2 = 24\pi^2 \frac{1,24^2 - 1,13^2}{1,24^2 + 2 \cdot 1,13^2}^2 = 0,961.$$

**5- misol.** Nefelometr yordamida polistiroil lateksini o'rganilganida standart zolni yoritish balandligi  $h_1=6 \cdot 10^{-3}$  m; o'rganilayotgan zolni yoritish balandligi  $h_2=16 \cdot 10^{-3}$  m. Standart zol zarrachasining o'rtacha radiusi  $r_1=84 \cdot 10^{-9}$  m; bo'lsa, polistiroil lateksi zarrachasining o'rtacha radiusi  $r_2$  qanday bo'ladi? Standart va o'rganilayotgan zollarning konsentratsiyasini teng deb olinsin.

**Berilgan:**  $h_1=6 \cdot 10^{-3}$  m;  $h_2=16 \cdot 10^{-3}$  m;  $r_1=84 \cdot 10^{-9}$  m;

**Noma'lum:**  $r_2 = ?$

**Yechish:**  $\tau_1 h_1 = \tau_2 h_2$  formuladagi  $\tau$  – tiniqmaslik qiymatini zarracha radiusi bilan atmashtirish mumkin, unda  $r_1 h_1 = r_2 h_2$  bo'ladi.

Bundan:

$$r_2 = \frac{r_1 h_1}{h_2} = \frac{84 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 10^{-3}} = 3,15 \cdot 10^{-8} \text{ m.}$$

### Masalalar

629. Ultramikroskop orqali  $W=12 \cdot 10^{-9}$  m<sup>3</sup> hajmda Au ning 5 ta zarrachasini borligi aniqlangan. Oltin zarrachalarini shar shaklida deb faraz qilib, uning radiusini aniqlang. Zol konsentratsiyasi  $c=30 \cdot 10^{-2}$  kg/m<sup>3</sup>, zichligi  $\rho=19,3$  kg/m<sup>3</sup>.

630. Maydoni  $5,4 \cdot 10^{-12}$  m<sup>2</sup> bo'lgan kyuvetaga kumush gidrozoli quyib, unga  $2,5 \cdot 10^{-4}$  m chuqurlikka nur tutami tushirilganida, ultramikroskopda 2 ta zarrachaning borligi ko'ringan. Zarracha shaklini kubik deb faraz qilib, kubik qirrasining uzunligini aniqlang. Zol konsentratsiyasi  $c=20 \cdot 10^{-2}$  kg/m<sup>3</sup>, zichligi  $\rho=10,5 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>.

631. Hajmi  $2 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$  bo'lgan ultramikroskop oqimida  $S$  ni 100 ta zarrachasi borligi aniqlangan. Zol  $c=6,5 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho=1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Zarrachani sferik shaklda deb faraz qilib, oltingugurt zarrachasining radiusini aniqlang.

632. To'liqin uzunligi  $\lambda_1=680 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  va  $\lambda_2=420 \cdot 10^{-9} \text{ m}$   $\alpha = 4$  bo'lgan, monoxromatik nur bilan yuqori dispers polistirolida nurni tarqoqligini o'rganilgan. Nur tarqalish intensivligini taqqoslang.

633. Konsentratsiya va zarracha  $r$  lari bir xil bo'lgan ikki xil emulsiyada nurning tarqalishi o'rganilgan. Emulsiyaning biri – benzolning suvdagi eritmasi, nurni sinish burchagi  $n_1=1,5$ . Ikkinchi emulsiya  $n$ -pentanning suvdagi eritmasi, undagi nurning sinish burchagi  $n_2=1,36$ . Suvniki esa  $n_0=1,33$ . Reley tenglamasidan nurning tarqalish intensivligini aniqlang.

634. Benzinning suvdagi eritmasida nurni sinish burchagi  $n_2=1,54$ , suvniki esa  $n_0=1,33$ . Harorat 293 K da eritmalarining konsentratsiyasi va zarrachadarning o'lchovi bir xil. Ikkala eritmadagi nurning tarqalish intensivligini aniqlang.

635. Konsentratsiyasi bir xil bo'lgan mastik gidrozolining xiralik darajasi nefelometrik usulda taqqoslanib, tajriba natijalari olingan: o'rganilayotgan va standart zollarning xiralik darajasi bir xil. Birinchi zolni yoritish balandligi  $h_1=5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ; ikkinchisidiki  $h_2=19 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ . Standart zarrachaning  $r_1=120 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ , ikkinchi zol zarrachasining  $r_2$  qancha bo'ladi?

636. Nefelometr yordamida polistirol lateksini o'rganilganida standart zolning yoritish balandligi  $h_1=8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ , zarrachaning o'rtacha  $r_1=88 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ , noma'lum zolning yoritish balandligi  $h_2=18 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  bo'lgan. Ikkala eritmaning konsentratsiyalari teng bo'lsa, polistirol lateksi zolining zarrachasini o'rtacha  $r$  qanday bo'ladi?

637. Hajmi  $W=10^{-11} \text{ m}^3$ , ultramikroskop nur oqimida suv bug'ining 60 ta zarrachasi borligi aniqlangan. Aerozolning konsentratsiyasi  $c=15 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ , zarracha shakli sferik tuzilishda. Uning o'rtacha radiusi qancha bo'ladi?

638. Hajmi  $W=3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ , ultramikroskop nur oqimida oltin zolining 70 ta zarrachasi aniqlangan. Zol konsentratsiyasi  $c=7 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho=19,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

Zarracha shaklini sferik tuzilishda deb faraz qilib, zarrachaning o'rtacha  $r$  ni aniqlang.

639. Hajmi  $1.5 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$  bo'lgan ultramikroskop oqimida yog'li tumanning 53 ta zarrachasi aniqlangan. Zarrachani sferik shaklda deb faraz qilib, uning o'rtacha  $r$  ni aniqlang. Zol konsentratsiyasi  $c = 21 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho = 0.92 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

640. Hajmi  $2 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$  bo'lgan ultramikroskop oqimida marten pechi tutunining 80 ta zarrachasi aniqlangan. Aerosolning konsentratsiyasi  $c = 10 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho = 2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Zol zarrachasini kubik shaklida deb faraz qilib, kubik qirrasining o'rtacha uzunligi ( $l$ ) ni aniqlang.

## V bob. Kolloid sistemalarning reologik xossalari.

### Qovushqoqlik (yopishqoqlik)

Suyuqliklarning o'ziga xos reologik xususiyatlaridan biri ularning qovushqoqligidir. *Reologiya* – oqim yoki og'irlik ta'sirida deformatsiyani o'rganadi.

*Suyuqlikning qovushqoqligi* deb, suyuqlikning ichki qismida har xil tezlikda, bir qatlamni ikkinchi qatlamga nisbatan harakatlanishi natijasida vujudga keladigan ishqalanish qarshiligiga aytiladi.

Qovushqoqlik, qovushqoqlik koeffitsiyenti yoki ichki ishqalanish qiymati  $\eta$  (eta) bilan ishoralanadi. Uning o'lchami n·sek/m<sup>2</sup>.

Amalda qovushqoqlik koeffitsiyenti yoki ishqalanish qiymatini aniqlash uchun viskozimetrlardan foydalaniladi. Uning uchun bir xil hajmdagi suyuqlik va suvning radiusi, uzunligi va kapillyardan oqish vaqti ( $\tau_c$  va  $\tau_{H_2O}$ ) aniqlanadi. So'ng quyidagi formula asosida suyuqlikning qovushqoqligi hisoblanadi:

$$\eta_c = \eta_{H_2O} \frac{\rho \cdot \tau_c}{\rho_{H_2O} \cdot \tau_{H_2O}}. \quad (V.1)$$

Berilgan harorat uchun suvning qovushqoqlik koeffitsiyenti  $\eta_{H_2O}$ , zichligi  $\rho_{H_2O}$  va suvning sirt tarangligi ilovadagi  $\theta$  dan olinadi.

Kapillyarda yuqoridan pastga oqib tushayotgan suyuqlikdagi sharning xarakat tezligi, radiusi asosida qovushqoqlikni Stoks formulasidan aniqlash mumkin:

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \cdot \rho - \rho_c \cdot g}{u}, \quad (V.2)$$

bunda:  $\rho$  – shar holatidagi moddaning zichligi;

$\rho_c$  – tekshirilayotgan suyuqlikning zichligi;

$u$  – suyuqlik ichidagi sharning harakat tezligi;

$g$  – erining tortishish kuchi yoki og'irlik kuchining tezlanishi: 9,81 m/sek<sup>2</sup>.

Ishlab chiqarish jarayonida **shlakka** aylanayotgan aralashmalarda (sulfidlar, oksidlar, silitsidlar, fosfidlar, nitridlar, karbidlar va boshqalar) zarrachalarning harakat tezligi har xil omillarga bog'liq bo'lganida  $u$  ni Stoks formulasidan aniqlanadi:

$$u = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \rho_{met} - \rho_{shlak} g}{\eta_{shlak}} \quad (V.3)$$

Agar kapillyardagi oqim laminar (sokin) xususiyatga ega bo'lsa, Nyuton formulasiga muvofiq, suyuqlik qatlami orasidagi ichki ishqalanish kuchi ( $F$ ) tezlik gradienti  $\frac{du}{dx}$  va ichki ishqalanish koeffitsiyenti  $\eta$  bilan aniqlanadi:

$$F = \eta \frac{du}{dx} \quad (V.4)$$

Kichik molekulyar birikmalar va kolloid sistemalar uchun  $\eta$  berilgan harorat va konsentratsiyada doimiy qiymatga ega bo'ladi.

Ammo ayrim omillarga ko'ra ko'pchilik kolloid va yarim kolloid sistemalar bu qonuniyatga bo'ysunmaydi.

Bunga sabab, sistemani ichkarisida to'rsimon strukturalarni hosil bo'lishidir. Bunday strukturaning hosil bo'lishi: a) mitsella (zarracha) larni asimmetrik shakli; b) dispers faza zarrachalarini kam solvatlanishidan hosil bo'ladi.

Rebiklar kolloid sistemalarda struktura hosil bo'lishini o'rganib, har xil strukturalarni hosil bo'lishi, dispers fazani qanday darajada maydalanishiga bog'liqligini aniqlaydi.

Strukturalar koagulyasion va kondensatsion (kristallizatsion) bo'ladi. Koagulyasion struktura molekulararo vodorod bog'ining zaifligi va Van-der-Vaals kuchlarining kuchsizligidan hosil bo'ladi. Molekulalarda shu xossalar bo'lgani uchun ular mexanik ta'sirdan buziladi. Ammo ma'lum vaqt o'tishi bilan ular ilgari holatiga qaytadi. Molekulalarning bunday xossasini tiksotropiya deyiladi.

Tiksotrop xossasiga ega bo'lgan moddalarga misol qilib,  $Fe(OH)_3$ ,  $V_2O_5$ , biton tuprog'ini, mineral bo'yoqlarni, ko'pchilik yarimkolloid va

yuqorimolekulyar birikmalarni olish mumkin. Bu moddalar plastik xossaga ega bo'ladi.

Kondensatsion strukturalar, kristall hosil bo'lishi va uning o'sishida zarrachalararo kimyoviy bog'ning vujudga kelishi hisobiga sodir bo'ladi. Bunday sistemalarda tiksotropiya hodisasi ro'y bermaydi va ular mo'rt xususiyatga ega bo'ladi.

Struktura hosil bo'lishini o'rganish uchun Nyuton yoki Puazeyl qonunini qo'llashga to'g'ri keladi: ya'ni bosim ta'sirida kapillyarda suyuqlikni sokin (laminar) oqish tezligini hisobga olinadi:

$$\frac{v}{r} = \frac{\pi r^4 p}{8\eta l} \quad (\text{V.5})$$

bunda:  $v$  – oqimning hajmiy tezligi ( $\text{m}^3/\text{soniya}$ );

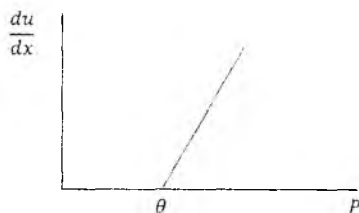
$p$  – berilgan bosim yoki siljitish kuchi ( $\text{N}/\text{m}^2$ );

$r$  – kapillyar radiusi (m);

$l$  – kapillyar uzunligi (m);

$\eta$  – suyuqlik yopishqoqligi (qovushqoqligi) ( $\text{N} \cdot \text{soniya} / \text{m}^2$ ).

Puazeyl qonuniga muvofiq  $\frac{v}{r}$  bilan  $p$  orasidagi bog'liqlik to'g'ri chiziqli bo'ladi.



### 3- rasm. Zarrachalar gradiyent tezligi bilan bosimni bog'liqligi

Plastik xususiyatiga ega bo'lgan, strukturasi ma'lum bo'lgan sistemalarga Nyuton qonuni bilan bog'liq bo'lgan Bingama formulasi qo'llaniladi:

$$p - \theta = \eta \frac{du}{dx} \quad (\text{V.6})$$

bunda:  $\theta$  – siljitish kuchi, bu oqimni boshlanishi uchun zarur.

Bosim bilan bog'liq bo'lgan ko'pgina masalalarni quyidagi formulalar yordamida yechish mumkin.

$$p_m = K \frac{F}{h} \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (\text{V.7})$$

bunda:  $p_m$  – siljitish kuchining chegarasi;

$K$  – asbob doimiyligi;

$h$  – doimiy og'irlik (kg) ta'sirida konus asbobni suyuqlik ichiga tushirilgandagi chuqurligi (m).

$p_m$  ni quyidagicha ham aniqlash mumkin:

$$p_m = \frac{F}{2S} \quad (\text{V.8})$$

bunda:  $F$  – og'irlik kuchining (kg) kattaligi;  $S$  – plastinkani yon yuzasi.

Strukturlanish darajasi,  $p_m$  sistemaning dispersligiga, konsentratsiyaga, haroratga, qo'shiladigan sirt-aktiv moddalar va boshqalarga bog'liq.

**1- misol.** 293K da geptanning zichligi 0,664 g/ml. Viskozimetrdan geptanning ma'lum miqdori 83,9 soniya davomida oqib tushadi. Suvning shuncha hajmini oqib tushishi uchun 142,1 soniya vaqt kerak bo'ladi. Shu haroratdagi suvning qovushqoqlik qiymatini ilovadagi odan topib, geptanning qovushqoqlik qiymatini aniqlang.

**Berilgan:**  $T = 293 \text{ K}$ ;  $\rho_{gep} = 0,684 \text{ g/ml}$ ;  $\rho_{H_2O} = 0,998 \text{ g/ml}$ ;

$\eta = 1,5674 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{soniya/m}^2$ ;  $\tau_{gep} = 83,9 \text{ soniya}$ ;  $\tau_{H_2O} = 142,1 \text{ soniya}$

**Noma'lum:**  $\eta_{gep} = ?$

**Yechish:**  $\eta_{gep} = \eta_{H_2O} \cdot \frac{\rho_c \cdot \tau_{gep}}{\rho_{H_2O} \cdot \tau_{H_2O}} = 1,5674 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,684 \cdot 83,9}{0,998 \cdot 142,1} = 0,6343 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{soniya m}^2$ .

**2- misol.** 293 K da pipetka kapillyaridan suv 3 daqiqa 52 soniya da oqib chiqadi. Zichligi 0.879 g/ml bo'lgan benzol shu kapillyardan qancha vaqtda oqib chiqadi? Suv va benzolning shu haroratdagi qovushqoqligi  $1,5674 \cdot 10^{-3}$  va  $6.5 \cdot 10^{-4}$  n·soniya /m<sup>2</sup> ga teng.

**Berilgan:**  $T = 293$  K;  $\tau_{H_2O} = 3$  daqiqa 52 soniya;  $\rho_{H_2O} = 0.998$  g/ml;  
 $\rho_{C_6H_6} = 0.879$  g/ml;  
 $\eta_{H_2O} = 1.5674 \cdot 10^{-3}$  N·soniya /m<sup>2</sup>;  $\eta_{C_6H_6} = 6.5 \cdot 10^{-4}$  N·soniya /m<sup>2</sup>.

**Noma'lum:**  $\tau_{C_6H_6} = ?$

**Yechish:**  $\eta_{C_6H_6} = \eta_{H_2O} \cdot \frac{\rho_{C_6H_6} \cdot \tau_{C_6H_6}}{\rho_{H_2O} \cdot \tau_{H_2O}}$  dan  $\tau_{C_6H_6} = \frac{\eta_{C_6H_6} \cdot \rho_{H_2O} \cdot \tau_{H_2O}}{\eta_{H_2O} \cdot \rho_{C_6H_6}} =$   
 $\frac{6.5 \cdot 10^{-4} \cdot 0.998 \cdot 232}{1.5674 \cdot 10^{-3} \cdot 0.879} = 1$  daqiqa 49 soniya.

**3- misol.** Po'latning zichligi 7.6 g/sm<sup>3</sup>; marganets (IV) oksidini 5.4 g/sm<sup>3</sup>. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> niki 4.0 g/sm<sup>3</sup> ga teng. Agar neytrallovchi modda sifatida MnO<sub>2</sub> o'rniga Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> qo'llanilsa, po'lat sirtidagi metallmas qo'shimchalarning oqish tezligi necha martagacha o'zgaradi?

**Berilgan:**  $\rho_{pulat} = 7.6$  g/sm<sup>3</sup>;  $\rho_{MnO_2} = 5.4$  g/sm<sup>3</sup>;  $\rho_{Al_2O_3} = 4.0$  g/sm<sup>3</sup>;

**Noma'lum:**  $u = ?$

**Yechish:** Oquvchanlik tezligi:  $u = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \cdot \rho_{met} - \rho_{shlak}}{\eta_{met}}$  dan aniqlanadi.

Tezliklarning o'zaro nisbati olinganida  $\frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot \eta_{met}$  lar qisqarib.

formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{u_{Al_2O_3}}{u_{MnO_2}} = \frac{\rho_{pulat} - \rho_{Al_2O_3}}{\rho_{pulat} - \rho_{MnO_2}} = \frac{7.6 - 4.0}{7.6 - 5.4} = 1.64 \text{ shunchaga oqish tezligi}$$

ortadi.



## Masalalar

641. Suv va spirtning qovushqoqligi  $8,94 \cdot 10^{-4}$  va  $1,09 \cdot 10^{-3}$  N·sek/m<sup>2</sup> ga teng, pipetka kapillyaridan 298 K da suvni chiqarib yuborish uchun 600 soniya. vaqt kerak bo'ladi. Zichligi 0,789 g/ml bo'lgan etil spirtini shu haroratda kapillyardan chiqarish uchun qancha vaqt kerak bo'ladi?

642. 293 K da 100 ml suv viskozimetrdan 1,52 daqiqada oqib chiqadi. Zichligi 0,8 g/ml bo'lgan organik suyuqlikning shu hajmi 2,25 daqiqada oqib chiqadi. 0 dan suvning qovushqoqlik qiymatini topib, organik suyuqlikning yopishqoqlik qiymatini aniqlang.

643. 323 K da biror yog'ning zichligi 1,045 g/ml. suvnik esa 0,998 g/ml ga teng, shu haroratda viskozimetrdan yog' 2 min. 31 sek da, yog' hajmicha suv esa 14 soniyada oqib chiqadi. Berilgan haroratda suvning qovushqoqligi  $5,49 \cdot 10^{-4}$  N·soniya /m<sup>2</sup> ekanligini hisobga olib, shu haroratda yog'ning qovushqoqlik qiymatini aniqlang.

644. 295 K da zichligi 0,809 g/ml bo'lgan suyuqlik viskozimetr orqali 6 min 38 sekundda, suyuqlik hajmicha suv esa 1 min 45 sekundda oqib o'tadi. Suvning 295 K dagi qovushqoqlik qiymatini ilovadagi 0 dan olib, suyuqlikning qovushqoqligini aniqlang.

645. Po'lat ishlab chiqish jarayonida neytrallovchi modda sifatida zichligi 2,4 g/sm<sup>3</sup> bo'lgan kremniy oksid o'rniga, zichligi 4,0 g/sm<sup>3</sup> bo'lgan alyuminiy oksidi ishlatilsa, zichligi 7,6 g/sm<sup>3</sup> bo'lgan po'lat tarkibidagi shlakni oqib chiqish tezligi necha marta ortadi?

646. Po'lat ishlab chiqarish jarayonida neytrallovchi modda sifatida zichligi 4,0 g/sm<sup>3</sup> bo'lgan alyuminiy oksid o'rniga, zichligi 5,8 g/sm<sup>3</sup> bo'lgan sirkoniy oksid ishlatilsa, zichligi 7,6 g/sm<sup>3</sup> bo'lgan po'lat tarkibidagi shlakni oqib chiqish tezligi necha marta ortadi?

647. Yopishqoqligi  $\eta=2 \cdot 10^{-3}$  N·soniya/m<sup>2</sup> bo'lgan suyuqlik, radiusi  $r=25 \cdot 10^{-5}$  m, uzunligi  $l=5 \cdot 10^{-2}$  m bo'lgan kapillyardan  $p=980$  N/m<sup>2</sup> bosim ostida, qanday tezlikda oqib chiqishi mumkin.

648.  $p=200$  N/m<sup>2</sup> bosim ta'sirida glitserin uzunligi  $l=6 \cdot 10^{-2}$  m, radiusi  $r=1 \cdot 10^{-3}$  m bo'lgan kapillyardan  $\frac{v}{\tau}=14 \cdot 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/soniya tezlikda oqib chiqsa, uning yopishqoqlik qiymati qanday bo'ladi?

649. 298 K da glitserinning yopishqoqligi 0.954 n·sek/sm<sup>2</sup>, uzunligi 0,1 m, radiusi  $1 \cdot 10^{-3}$  m bo'lgan kapillyardan 0.05-1,013·10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup> bosim farqi hisobiga glitserin  $16 \cdot 10^{-6}$  m ni qancha vaqt oqib chiqadi?

## VI bob. Kolloid sistemalarning molekulyar-kinetik xossalari

Kolloid va chin eritmalar molekulyar- kinetik xossalari jihatdan deyarli o'xshash. Faqat miqdoriy jihatdan bir-biridan farq qiladi.

Chin eritmalarda ham, kolloid eritmalarda ham molekularlar doimo issiqlik harakatida bo'ladi. Kolloid zarrachalar harakatini *Broun harakati* deb ataladi.

Birinchi bo'lib botanik olim Broun emulsiya va suspenziyalarni harakatini mikroskop ostida kuzatgan. Shuning uchun zarrachalar harakatini olim sharafiga Broun harakati deb nomlangan.

Broun harakatida zarrachalar to'g'ri chiziqli emas, betartib yo'nalishda harakatlanadi. Shuning uchun ularning faqat o'rtacha kvadrat siljish qiymatini aniqlash mumkin:

$$x^2 = \frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_n^2}{n} \quad (\text{VI.1})$$

bunda:  $p$  – zarrachalar soni.

Eynshteyn tenglamasiga muvofiq o'rtacha siljish qiymatining kattaligi:

$$x = \sqrt{\frac{RT}{N} \cdot \frac{\tau}{3\pi\eta r}} \text{ m}, \quad (\text{VI.2})$$

bunda:  $R$  – gaz doimiysi;  $T$  – harorat, K;  $N$  – Avogadro soni;

$r$  – zarracha radiusi, m;

$\eta$  – muhit yopishqoqligi, n·sek/m<sup>2</sup>;  $\tau$  – vaqt, soniya;

$x$  – zarrachalarning harakat tezligining o'rtacha qiymati.

Broun harakati natijasida eritmani butun hajmi bo'ylab zarrachalar konsentratsiyasi tenglashadi. Bu hodisani *diffuziya* deyiladi. Diffuziya qiymatini Eynshteyn formulasidan aniqlaniladi:

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi\eta r} \quad (\text{m}^2/\text{soniya, yoki m}^2/\text{sutka}), \quad (\text{VI.3})$$

bunda:  $D$  – diffuziya koeffitsiyenti.

(VI.2) va (VI.3) formulalarni birlashmasi amaliy ahamiyatga ega.  $D$  ning qiymati aniq bo'lsa, uning yordamida sferik zarralarning radiusini hisoblab mitsellaning molekulyar massasini aniqlash mumkin:

$$M = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho N, \quad (\text{VI.4})$$

bunda:  $\rho$  – moddaning zichligi,  $\pi$  – suyultirilgan kolloid eritmaning osmotik bosimi, uni Vant–Goff formulasidan aniqlanadi:

$$s = \frac{c}{M}RT \quad \text{yoki} \quad \pi = nRT \quad \text{N/m}^2,$$

bunda:  $c$  – eritma konsentratsiyasi ( $\text{kg/m}^3$ );

$$\frac{c}{M} = n \quad \text{moddaning mol qismi};$$

$\pi$  – osmotik bosim.

CHin eritmalarining osmotik bosimiga nisbatan kolloid zollarining osmotik bosimi kichik bo'ladi. Sababi shuki, kolloid zollarining zarrachalarini massasi katta bo'ladi.

Agar og'irlik jihatidan chin va kolloid eritmalar konsentratsiyasi bir xil bo'lsa, kolloid sistemaning mol konsentratsiyasi ( $n$ ) kichik bo'ladi. Zarracha radiuslari esa har xil bo'ladi. Agar zarracha shakli sferik ko'rinishga ega bo'lsa, radiuslarni quyidagi formulalardan aniqlash mumkin:

$$\frac{\pi_1}{\pi_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{\frac{4}{3}\pi r_1^3 \rho}}{\frac{c}{\frac{4}{3}\pi r_2^3 \rho}} = \frac{r_2^3}{r_1^3} \quad (\text{VI.5})$$

bunda:  $r_1$  va  $r_2$  lar birinchi va ikkinchi sistemadagi zarrachalarning radiuslari, m;

$\pi_1$  va  $\pi_2$  lar osmotik bosimlari ( $\text{N/m}^2$ );

$\rho$  – modda zichligi,  $\text{kg/m}^3$ ;

$c$  – konsentratsiya,  $\text{kg/m}^3$ .

Kolloid zarrachalarda agregatsiyalanish hodisasi bo'lgani uchun kolloid eritmalarning osmotik bosimini o'lchash ancha murakkab.

Kolloid eritmalarda zarrachalarning og'irlik kuchi Broun harakatining tezligini engi olsa, ular cho'kadi. Buni sedimentatsiya deyiladi. Cho'kish tezligini Stoks formulasidan aniqlanadi:

$$u = \frac{2}{9} \frac{r^2(\rho - \rho_0)g}{\eta} \text{ (m/sek).} \quad (\text{VI.6})$$

bunda:  $r$  –zarracha radiusi, m;

$\rho$  va  $\rho_0$  lar dispers faza va dispers muhit zichliklari ( $\text{kg/m}^3$ ),

$g$  –og'irlik kuchining tezligi, ( $\text{m/soniya}^2$ );

$\eta$  –muhit yopishqoqligi ( $\text{N} \cdot \text{soniya /m}^2$ );

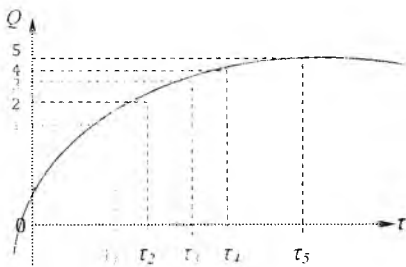
$u$  –sedimentatsiya tezligi.

$u$  ni zarracha bosib o'tgan yo'l  $h$  qiymatini vaqtga ( $\tau$ ) nisbati bilan almashtirib, uni  $K$  bilan birlashtirilsa, Stoks qonunining formulasini quyidagicha ko'rsatish mumkin:

$$u = \frac{h}{\tau} \text{ (m/soniya)}$$

yoki

$$r^2 = K \frac{h}{\tau} \quad (\text{VI.7})$$



4-rasm. Zarracha og'irligi bilan vaqt orasidagi bog'liqlik

bunda:  $K$  – doimiy son.

Suspenziya zarrachalarining cho'kish tezligini Figurovskiyning sedimentatsiya torozisida aniqlanadi. Har bir zarrachaning radiusini alohida aniqlash mumkin:

$$r_1 = \frac{\overline{Kh}}{\tau}; r_2 = \frac{\overline{Kh}}{\tau}. \quad (\text{VI.8})$$

Buning uchun sedimentatsiya usulida zarracha og'irligi bilan vaqt orasidagi bog'liqlik asosida grafik chiziladi:

Ordinata o'qidagi: 1–2; 2–3; 3–4; 4–5; lar orasidagi kesmalar  $Q$  ga ( $Q_1$ ;  $Q_2$ ;  $Q_3$ ;  $Q_4$  va  $Q_5$ ) javob beradi.  $Q$  cho'kkan modda miqdori. Absissa o'qidagi  $\tau_1$ – $\tau_2$  orasidagi kesma o'rtacha radiusni ifodalaydi  $r_{1\text{ort}} = \frac{r_1+r_2}{2}$ ,  $r_{2\text{ort}} = \frac{r_2+r_3}{2}$  0–4 kesma orasini 100% deb olib, har bir kesmadagi  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  lar miqdorini hisoblash mumkin.

Sedimentatsiya miqdorini aniqlashni eng qulay usuli N.N.Syurupa ko'rsatgan formuladir:

$$Q = Q_m \frac{\tau}{\tau + \tau_0} = Q_m \cdot \alpha, \quad (\text{VI.9})$$

bunda:  $Q_m$  va  $\tau_0$  lar konstantalar.  $Q_m$  – % da :  $\tau_0$  – vaqtda ifodalanadi. Stoks qonuniga muvofiq:

$$r_0^2 = \frac{K}{\tau_0}; \alpha = \frac{r_0^2}{r^2 + r_0^2}. \quad (\text{VI.10})$$

(VI.9) diferensiyallab ishlab chiqilsa, quyidagi qiymat kelib chiqadi:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta r} = \frac{4Q_m}{r_0} \cdot \alpha^2 \frac{1}{\alpha(1-\alpha)}. \quad (\text{VI.11})$$

$\alpha^2 \frac{1}{\alpha(1-\alpha)}$  ni  $\varepsilon$  ga almashtirilsa (VI.11) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta r} = \frac{4Q_m}{r_0} \cdot \varepsilon, \quad (\text{VI.12})$$

$\varepsilon$  ni  $\alpha$  ga bog'liqligini maxsus jadvaldan aniqlash mumkin.

Agar zarrachalar kichik bo'lib, gravitatsion maydonda cho'kmasa, u holda sentrafuga qilinadi. U vaqtda Stoks qonuni asosida radius quyidagicha aniqlanadi:

$$r^2 = \frac{9}{2} \cdot \frac{\eta}{W^2 \Delta \rho} \cdot \frac{\ln \frac{h+x}{x}}{t} \quad (\text{VI.13})$$

yoki  $W$  – sentrafugani aylanish tezligining soni, burchak tezligi ham deyiladi.

$W = \frac{2\pi n}{60}$  bundan

$$r^2 = \frac{9}{2} \cdot \frac{\eta 30^2}{\Delta \rho \pi^2 n^2} \cdot \frac{\ln \frac{h+x}{x}}{t} = K \frac{\ln \frac{h+x}{x}}{t} \quad (\text{VI.14})$$

kelib chiqadi.

Bunda:  $h$  – suyuqlik yuzasidan sentrafugani tubigacha bo'lgan masofa (m);

$x$  – sentrafugani aylantiruvchi o'qidan suyuqlikning yuzasigacha bo'lgan masofa (m);

$t$  – sentrafugalash vaqti (sek).

Hozirgi vaqtda qiyinchiliklardan holi bo'lish uchun  $t$  vaqtini sedimentatsiya ustunining balandligi  $h$  bilan almashtirilgan.

Hisoblash vaqtida dastlab  $r$  aniqlanadi. So'ng maksimal balandlik  $H$  dan cho'kish vaqti aniqlanadi:

$$\tau = K \frac{\ln \frac{H+x}{r^2}}{r^2} \quad (\text{VI.15})$$

Cho'kmani idishi (tarelkacha) bilan tortiladi:

$$p_1 = \frac{H}{h} \text{ kg.} \quad (\text{VI.16})$$

Cho'kmani % aniqlanadi:

$$Q = \frac{p_1}{p_K} \cdot 100\%, \quad (\text{VI.17})$$

bunda:  $p_K$  – maksimum miqdor.

**1- misol.** 273 K da  $r_1=10^{-5}$  m bo'lgan  $NH_4Cl$  bug'ining zarrachasini  $\tau=5$  sekund ichida o'rtacha siljishi qanday bo'ladi? Havoning yopishqoqligi  $\eta=1,7 \cdot 10^{-5}$  N·soniya /m<sup>2</sup>. Bug' zarrasining  $r_2=10^{-6}$  m bo'lsa, uning siljishi qancha bo'ladi?

**Berilgan:**  $T=273\text{ K}$ ;  $r_1=10^{-5}\text{ m}$ ;  $r_2=10^{-6}\text{ m}$ ;  $\tau=5\text{ sek}$ ;  $\eta=1,7\cdot 10^{-3}\text{ N}\cdot\text{soniya}/\text{m}^2$ ;  
 $R=8,314\cdot 10^3$ ;  $N=6,02\cdot 10^{23}$  Avogadro soni.

**Noma'lum:**  $x_1=?$ ;  $x_2=?$

**Yechish:** Eynshteyn formulasidan hisoblanadi:  $x = \frac{RT}{N} \cdot \frac{\tau}{3\pi\eta r}$ .

$$1) x_1 = \frac{8,314\cdot 10^3\cdot 273\cdot 5}{6,02\cdot 10^{23}\cdot 3\cdot \pi\cdot 1,7\cdot 10^{-5}\cdot 10^{-5}} = 1,085 \cdot 10^{-4},$$

$$2) x_2 = \frac{8,314\cdot 10^3\cdot 273\cdot 5}{6,02\cdot 10^{23}\cdot 3\cdot \pi\cdot 1,7\cdot 10^{-5}\cdot 10^{-6}} = 3,43 \cdot 10^{-4}.$$

**2- misol.**  $288\text{ K}$  da muhit yopishqoqligi  $\eta=10^{-3}\text{ N}\cdot\text{soniya}/\text{m}^2$ ;  $r=10\cdot 10^{-9}\text{ m}$ : bo'lgan  $As_2S_3$  ning diffuziya koeffitsiyenti qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $T=288\text{ K}$ ;  $\eta=10^{-3}\text{ N}\cdot\text{soniya}/\text{m}^2$ ;  $r_1=10\cdot 10^{-9}\text{ m}$ ;  $R=8,314\cdot 10^3$ ;  
 $N=6,02\cdot 10^{23}$ .

**Noma'lum:**  $D=?$

**Yechish:** Eynshteyn formulasi asosida echiladi  $D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi\eta r}$

$$D = \frac{8,314\cdot 10^3\cdot 288}{6,02\cdot 10^{23}\cdot 6\cdot \pi\cdot 10^{-3}\cdot 10\cdot 10^{-9}} = 2,1 \cdot 10^{-8}\text{ m}^2/\text{sek}.$$

**3 – misol.**  $NH_4Cl$  zolining zarrachasini  $r=5\cdot 10^{-7}\text{ m}$ ; havoning  $\eta=1,76\cdot 10^{-5}$   $N\cdot\text{soniya}/\text{m}^2$ ; zol zichligi  $\rho=1,5\cdot 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$  bo'lsa, aerozol zarrachalarining cho'kish tezligi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $r=5\cdot 10^{-7}\text{ m}$ ;  $\eta=1,76\cdot 10^{-5}\text{ N}\cdot\text{sek}/\text{m}^2$ ;  $\rho=1,5\cdot 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$ ;  $g=9,81\text{ m}/\text{soniya}^2$ .

**Noma'lum:**  $u=?$

**Yechish:** Stoks formulasi asosida echiladi:  $u = \frac{2r^2(\rho-\rho_0)g}{9\eta}$

$$u = \frac{2(5\cdot 10^{-7})^2\cdot 1,5\cdot 10^3\cdot 9,81}{9\cdot 1,76\cdot 10^{-5}} = 4,65 \cdot 10^{-5}\text{ m}/\text{soniya}.$$



**4- misol.** 293 K da konsentratsiyasi  $c= 5 \text{ kg/m}^3$ ;  $r=10 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ; zichligi  $\rho=2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ; bo'lgan  $As_2S_3$  zolining osmotik bosimi qanday bo'ladi?

**Berilgan:**  $T = 293 \text{ K}$ ;  $C = 5 \text{ kg/m}^3$ ;  $r = 10 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ;  $\rho = 2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  $M = 246 \text{ g/mol}$ .

**Noma'lum:**  $P=?$   $n=?$

**Yechish:** 1)  $n = \frac{c}{M} = \frac{5000}{246} = 20,33 \text{ mol}$ .

2)  $P = \frac{c}{M} RT = nRT = 20,33 \cdot 8,314 \cdot 293 = 4,95 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ .

### Masalalar

650.273 K da  $\tau=5$  soniya vaqt ichida radiusi  $r=10^{-6} \text{ m}$  bo'lgan  $NH_4Cl$  bug'ining zarrachalarini o'rtacha siljishini aniqlang. Havoning yopishqoqligi  $\eta=1,7 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{soniya} / \text{m}^2$ . Bug' zarrachalarining radiusi  $r=10^{-7} \text{ m}$  bo'lsa, siljishi qanchaga o'zgaradi?

651.293 K da temir oksidining zarrachalarini  $r=10^{-8} \text{ m}$  bo'lsa,  $\tau=4$  soniya ichida o'rtacha siljish qattiqqligini hisoblang. Suvning yopishqoqligi  $\eta=10^{-3} \text{ N} \cdot \text{soniya} / \text{m}^2$  ga teng.

652.  $r_1=2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  va  $r_2=8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  bo'lgan zarrachalarining siljish kattaliklarining nisbati qanday bo'ladi?

653. Aaga muhitning yopishqoqligi  $\eta=10^{-3} \text{ N} \cdot \text{soniya} / \text{m}^2$  deb olinsa, 288 K da  $r=6,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  bo'lgan emul'siya zarrachasining  $\tau=1$  soniya vaqt ichida o'rtacha siljish qiymati qanday bo'ladi?

654.288 K da muhitning yopishqoqligi  $\eta=10^{-3} \text{ N} \cdot \text{soniya} / \text{m}^2$ ,  $r=20 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  bo'lgan  $As_2S_3$  zolining diffuziya koeffitsiyenti qanday bo'ladi?

655.313 K da muhitning yopishqoqligi  $\eta=6,5 \cdot 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{soniya} / \text{m}^2$ , tuproqning suvdagi suspenziyasining zarrachasini radiusi  $r=10^{-7} \text{ m}$  bo'lsa, yuqori dispers suspenziyani diffuziya koeffitsiyenti qanday bo'ladi?

656.283 K da havoning yopishqoqligi  $\eta=1,7 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{soniya} / \text{m}^2$  bo'lsa, radiusi  $r=2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$  bo'lgan rux oksid changining diffuziya koeffitsiyenti qanday bo'ladi?

657.293 K da havoning yopishqoqligi  $\eta=1.8 \cdot 10^{-5}$  N·soniya /m<sup>2</sup>, radiusi  $r=2 \cdot 10^{-8}$  m bo'lgan yuqori dispers aerazolini diffuziya koeffitsiyenti qanday bo'ladi ?

658.Havoning yopishqoqligi  $\eta=1.8 \cdot 10^{-5}$  N·soniya /m<sup>2</sup>, radiuslari  $r_1=10^{-4}$  va  $r_2=10^{-6}$  m bo'lgan suv bug'ining zarrachalari qanday tezlikda cho'kadi ?

659.Zichligi  $\rho=1.5 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>, radiusi  $r=5 \cdot 10^{-7}$  m bo'lgan ammoniy xlorid zollari qanday tezlikda cho'kadi? Havoning yopishqoqligi  $\eta=1,76 \cdot 10^{-5}$  N·soniya /m<sup>2</sup>. Havoning zichligi hisobga olinmasin.

660.288 K da kaolinni suvli suspenziyadagi zarrachalarini cho'kish tezligini aniqlang. Zarracha radiusi  $r=2 \cdot 10^{-6}$  m, suspenziyani zichligi  $\rho=2.2 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>, suvning yopishqoqligi  $\eta=1.14 \cdot 10^{-3}$  N·soniya /m<sup>2</sup> deb olinsin.

661.Konsentratsiyasi  $c=1.5 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup> bo'lgan marten pechidan chiqayotgan tutunning osmotik bosimini aniqlang. Aerazol zarrasini o'rtacha radiusi  $r=2 \cdot 10^{-8}$  m, zichligi  $\rho=2.2 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>, harorati 293 K.

662.Konsentratsiyasi  $c=2$  kg/m<sup>3</sup>, zarrachasining diametri  $d=6 \cdot 10^{-9}$  m, zichligi  $\rho=19,3 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup> bo'lgan oltin gidrozolining  $T=293$  K da osmotik bosimi qanday bo'ladi ?

663.Zichliklari teng bo'lgan kolloid eritma va molekulyar eritmalar berilgan. Kolloid zarrachasining radiusi  $r=10^{-8}$  m, molekulyar eritmaning zarrachasini radiusi esa  $r=10^{-10}$  m ga teng. Eritmalarning osmotik bosimlari qanday bo'ladi? Ularning bir-biriga taqqoslab ko'ring.

664.Konsentratsiyasi  $c=7$  kg/m<sup>3</sup>, o'rtacha radiusi  $r=10 \cdot 10^{-9}$  m, zichligi  $\rho=2,8 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup> bo'lgan  $As_2S_3$  zolining  $T=293$  K dagi osmotik bosimi qanday bo'ladi?

665. $As_2S_3$  ni bir xil konsentratsiyali, disperslik darajasi har xil zoli berilgan. Zol zarrachalarining radiuslari  $r_1=30 \cdot 10^{-9}$  m,  $r_2=55 \cdot 10^{-9}$  m. Shu zarrachalarning osmotik bosimlarini aniqlab, bir-biriga taqqoslab ko'ring.

## Hovalar

*Ayrim gazlarning xarakteristik kattaliklari*

*1-jadval*

Gazlarning nomi	Formulasi	Molekulyar massasi	Zichligi, 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> normal sharoitda	Mol hajmi, m <sup>3</sup> /kmol	Van-der-Vaals tenglamasining konstantalari	
					a, J·m <sup>3</sup> /kmol	b, m <sup>3</sup> ·kmol
Azot	$N_2$	28.02	1.2516	22.402	0,13630	0,0385
Azot qo'sh oksid	$N_2O_4$	92.02	4,1126	22,370	—	—
Ammiak	$NH_3$	17.03	0.7708	22.094	0.42300	0,0378
Argon	$Ar$	39.94	1.7809	22.400	0.13700	0.0375
Atsetilen	$HC \equiv CH$	26.02	1.1791	22,140	0.43700	0,0512
Havo	—	28.96	1,2928	22,400	0,13500	0,0366
Vodorod	$H_2$	2.01	1.0000	22,429	0.02480	0,0219
Suv bug'i	$H_2O$	18.02	1,0000	22,120	0,55500	0,0326
Geliy	$He$	4.00	0.1780	22,400	0.00345	0,0237
Azot (IV) oksid	$NO_2$	46,01	2.0550	22,370	0.64500	0,0332
Azot (I) oksid	$N_2O$	44.02	1.9778	22,260	0,36500	0,0416
Kislород	$O_2$	32.00	1,428 <sup>o</sup>	22,394	0,18300	0,0318
Metan	$CH_4$	16,03	0.7168	22,368	0,22800	0,0428
Azot (II) oksid	$NO$	30.01	1,3402	22,391	0.14400	0,0296
Is gazi	$CO$	28.00	1.5040	22,397	0.14800	0,0394
Karbon (IV) oksid	$CO_2$	44,00	1,9769	22,260	0,36500	0,0427
Propilen	$C_3H_6$	42.08	1.9150	22,000	—	—
Sulfit anhidrit	$SO_2$	64.07	2,9266	21,890	0,67600	0,0565
Vodorod sulfid	$H_2S$	34,09	1,5392	22,160	0,54500	0,0520
Xlor	$Cl_2$	70.92	3.2140	22,366	0.65900	0,0562
	$HCl$	36,47	1,6392	22,290	0,37000	0,0408
	$CH_3 - CH_3$	30,03	1,3565	21,160	—	—
	$CH_2 = CH_2$	28.05	1,2606	22,260	0,45500	0,0572

Vodorod xlorid						
Etan						
Etilen						

Ayrim gazlarning kritik harorat va kritik bosimlari

2-jadval

Gazning nomi	Formulasi	$t_{kr}$ , °C	$P_{kr}$ , 10 <sup>6</sup> Pa
Azot	$N_2$	-147,0	3,3944
Vodorod	$H_2$	-239,0	1,2970
Vodorod sulfid	$H_2S$	-100,4	9,0100
Kislorod	$O_2$	-118,4	5,0760
Karbon (IV) oksid	$CO_2$	-31,0	7,3870

Siqilish koeffitsiyentining keltirilgan bosim ( $\pi$ ) va haroratga  $t$  bog'liqlik  $Z_c = \frac{pV}{RT}$  qiymatlari 3-jadval

$\tau$	Keltirilgan bosimdagi siqilish koeffitsiyenti qiymatlari						
	10	15	20	25	30	35	40
1,0	1,22	1,78	2,24	2,80	—	—	—
1,1	1,21	1,70	2,04	2,67	—	—	—
1,2	1,20	1,65	2,04	2,52	—	—	—
1,3	1,20	1,59	1,98	2,38	—	—	—
1,4	1,20	1,56	1,92	2,30	—	—	—
1,6	1,20	1,51	1,81	2,13	2,44	2,76	3,01
1,8	1,20	1,48	1,74	2,01	2,29	2,56	2,80
2,0	1,20	1,44	1,68	1,94	2,17	2,40	2,64
2,5	1,20	1,40	1,58	1,78	1,97	2,16	2,32
3,0	1,20	1,36	1,52	1,68	1,84	2,00	2,14
3,5	1,20	1,34	1,48	1,60	1,74	1,88	2,00
4,0	1,20	1,32	1,43	1,54	1,66	1,78	1,88
5,0	1,20	1,30	1,39	1,47	1,57	1,66	1,74
6,0	1,16	1,24	1,34	1,40	1,50	1,58	1,66
7,0	1,14	1,20	1,29	1,36	1,43	1,50	1,57
8,0	1,13	1,18	1,26	1,32	1,37	1,44	1,50
9,0	1,12	1,16	1,22	1,28	1,34	1,39	1,44
10,0	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40
15,0	1,07	1,10	1,15	1,19	1,22	1,26	1,30
20,0	1,06	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20	1,22

№	Har. °C	Sirt taranglik 10 <sup>-3</sup> N/m	Har. °C	Zichlik, 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	Har. °C	Qovushqoqlik, 10 <sup>-3</sup> n·sek/m <sup>2</sup>
1	0	75,64	0	9,9990	0	1,7920
2	5	74,92	5	9,9980	1	1,7313
3	10	74,22	10	9,9960	2	1,6728
4	15	73,49	15	9,9913	3	1,6191
5	20	72,75	16	9,9897	4	1,5674
6	21	72,59	17	9,9980	5	1,5188
7	22	72,44	18	9,9862	6	1,4728
8	23	72,28	19	9,9843	7	1,4284
9	24	72,13	20	9,9823	8	1,3860
10	25	71,97	21	9,9802	9	1,3462
11	30	71,18	22	9,9780	10	1,3070
12	40	69,56	23	9,9756	11	1,2713
13	50	67,91	24	9,9732	12	1,2363
14	60	66,18	25	9,9707	13	1,2028
15	70	64,42	30	9,9560	14	1,1709
16	80	62,61	40	9,9220	15	1,1404
17					16	1,1111
18					17	1,0828
19					18	1,0559
20					19	1,0299
21					20	1,0050
22					21	0,9810
23					22	0,9579
24					23	0,9358
25					24	0,9142
26					25	0,8937

Normal bosim va har. xil haroratlarda gazlarning entalpiya qiymatlari kJ/mol

5-jadval

$t^{\circ}\text{C}$	$\text{H}_2$	$\text{O}_2$	$\text{N}_2$	$\text{CO}$	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{NH}_3$	$\text{NO}$	$\text{SO}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	2900	2983	2870	2880	3920	3660	3320	4240	2900	4300	4300
200	5820	6010	5800	5840	8120	7940	6760	8700	5900	9720	9720
300	8750	9160	8800	8820	12560	12800	10330	13380	8860	15500	15500
400	11670	12360	11820	11930	17250	18200	14020	19100	12100	25140	25140
500	14650	15640	14980	15100	22200	24180	17850	23680	15300	31200	31200
600	17620	19000	18150	18300	37300	30540	21740	29600	18550	45300	45300
700	20630	22400	21350	21590	32600	37400	25800	33900	21900	50100	50100
800	23700	25860	24820	24900	38000	44600	29960	39400	25700	61000	61000
900	27670	29400	28000	28200	43700	52300	34200	45400	28720	72800	72800
1000	29800	32900	31300	31700	49200	60100	38500	50500	32200	85500	85500
1100	33000	36600	34700	35100	55100	68500	43000	56400	35700	99400	99400
1200	36200	40200	37900	38600	61000	77000	47500	62100	39200	113600	113600
1300	39300	43400	41600	42000	66800	86000	52200	67900		129000	129000
1400	42600	47600	45100	45600	72700	94800	56800	73800		145000	145000
1500	45800	51000	48600	49200	78600	103800	61700	79500		162000	162000

Organik birikmalarda ayrim atom va guruhlardagi bog'lar uchun termik xarakteristika  $x$  qiymati 6-jadval

Atomlar gruppasi yoki kimyoviy guruhlardagi bog'larning ko'rinishi		$x$	
		kJ/mol	kcal/mol
$C-C$	oddiy bog'	0	0
$C=C$	qo'sh bog'	87,9	21
$C\equiv C$	uch bog'	213,4	51
$R-C_6H_5$	fenil guruhi	100,4	24
$R-CH_2-OH$	spirt guruhi	50,2	12
$R-O-R'$	oddiy efir	87,9	21
$R-CHO$	aldegid guruhi	75,3	18
$R-CO-R'$	keton guruhi	50,2	12
$R-COOH$	bir asosli karbon kislota	0	0
$HOOC-R-COOH$	ikki asosli karbon kislota	12,6	3

Normal bosim va 298 K da ayrim elementlarning kimyoviy bog'lanish energiyasi ( $E$ ).

7-jadval

Bog'	Bog' energiyasi kJ/mol	Bog'	Bog' energiyasi kJ/mol
$H-H$	430,0	$C-C$	262,8
$H-O$ (suvniki)	460,0	$C=C$	425,0
$O-H$ (spirtniki)	418,4	$C\equiv C$	536,4
$H-OH$	494,0	$C_{gaz} \rightarrow C_{atm}$	524,0
$O-O$	146,5	$C_{gaz} \rightarrow C_{gr}$	525,0
$O=O$	490,4	$C-H$	358,2
$C-O$ (spirt, oddiy efir)	314,0	$C-N$	224,0
$C=O$ ( $CO_2$ ) dagi	702,9	$C\equiv N$	352,0
$O=C$ (aldegid)	660,0	$C=N$	625,0
$O=C$ (ketonda)	652,7	$C=S$	226,0

Eritmalarni ion kuchi xar xil bo'lganidagi ionlarning o'rtacha aktivlik koeffitsiyenti.

8-jadval

Ion kuchi	Bir valentli ionlar	Ikki valentli ionlar	Uch valentli ionlar
0.001	0.98	0.77	0.73
0.002	0.97	0.73	0.66
0.005	0.95	0.65	0.55
0.01	0.92	0.58	0.47
0.02	0.89	0.50	0.37
0.05	0.84	0.40	0.28
0.1	0.80	0.30	0.21

Organik birikmalarning yonish issiqligini standart sharoitdagi qiymatlari. Yonishning oxirgi mahsulotlari:  $\text{CO}_2(\text{g})$ ,  $\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ ,  $\text{N}_2(\text{g})$ ,  $\text{SO}_2(\text{g})$ . Galogen ionini tutuvchi organik birikmalar yonganida, ko'rsatilgan moddardan tashqari, oxirgi mahsulot sifatida  $\text{HX}$  xosil bo'ladi. 9-jadval

Birikmalar		$\Delta H_{298}^0$	
		kJ/mol	kcal/mol
<i>Uglevodородlar</i>			
$\text{CH}_4(\text{g})$	metan	-890.31	-212.79
$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	atsetilen	-1299.63	-310.62
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	etilen	-1410.97	-337.23
$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	etan	-1559.88	-372.82
$\text{C}_3\text{H}_6(\text{g})$	propilen	-2058.53	-492.00
$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	propan	-2220.03	-530.60
$\text{H-C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$	n-butan	-2878.38	-687.95
Izo- $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$	izobutan	-2871.69	-686.35
$\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{g})$	pentan	-3536.15	-845.16
$\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})$	benzol	-3301.59	-789.10
$\text{C}_6\text{H}_6(\text{s})$	benzol	-3267.70	-781.00
$\text{C}_6\text{H}_{12}(\text{s})$	siklogeksan	-3919.91	-936.88
$\text{C}_7\text{H}_8(\text{s})$	toluol	-3910.28	-934.58
$\text{C}_8\text{H}_{10}(\text{s})$	n-ksilol	-4552.86	-1088.16



$C_{10}H_{8(kr)}$	naftalin	-5156,78	-1232,50
<i>Kislorodli organik birikmalar</i>			
$CH_4O_{(s)}$	metil spirt	-726,64	-173,67
$C_2H_6O_{(s)}$	etil spirt	-1366,91	-326,70
$C_3H_8O_{3(s)}$	glitserin	-1664,40	-397,80
$C_6H_6O_{(kr)}$	fenol	-3063,52	-732,20
$CH_2O_{(g)}$	formaldegid	-563,58	-314,70
$C_2H_4O_{(g)}$	atsetaldegid	-1192,44	-285,00
$C_3H_6O_{(s)}$	atseton	-1789,79	-427,77
$C_4H_8O_{2(s)}$	etilatsetat	-2254,21	-538,77
$C_4H_{10}O_{(s)}$	diatilefir	-2730,90	-652,70
$CH_2O_{2(s)}$	chumoli kislota	-256,78	-61,30
$C_2H_4O_{2(s)}$	sirka kislota	-873,79	-208,84
$C_2H_4O_{4(kr)}$	oksalat kislota	-246,02	-58,80
$C_7H_6O_{2(kr)}$	benzoy kislota	-3227,54	-771,40
$C_6H_{12}O_{6(kr)}$	glyukoza	-2815,80	-673,00
<i>Galogen ionini tutuvchi organik birikmalar</i>			
$CCl_4_{(s)}$	uglerod to'rt xlorid	-156,10	-37,30
$CHCl_3_{(s)}$	xloroform	-373,20	-89,20
$CH_3Cl_{(s)}$	metilxlorid	-689,10	-164,70
$C_6H_5Cl_{(s)}$	xlorbenzol	-3149,90	-750,70
$CS_2_{(s)}$	uglerodsulfid	-1075,00	-257,00
<i>Azot elementini tutuvchi organik birikmalar</i>			

$\text{CH}_4\text{ON}_{2(\text{kr})}$	mochevina	-634,30	-151,10
$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_9\text{N}_{3(\text{s})}$	nitroglitserin	-1541,40	-368,40
$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_{(\text{s})}$	piridin	-2755,20	-658,50
$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2\text{N}_{(\text{s})}$	nitrobenzol	-3091,20	-798,90
$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_3\text{N}_{(\text{kr})}$	n-nitrofenol	-2884,00	-689,30
$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}_{(\text{s})}$	anilin	-3396,20	-811,70

*Ayrim moddalarning standart (298K va 101325 Pa) sharoitidagi termodinamik kattaliklari . 10-jadval*

№	Moddalarning formulasi	$\Delta H^0$ kJ/mol	$S^0$ J/mol	Van-der-Vaals tenglamasining koeffitsiyentlari, J/mol·K			$c_p^0$ J/mol
				a	b·10 <sup>3</sup>	c· 10 <sup>-5</sup>	
1	Cl <sub>2</sub> gaz	0,00	223,00	36,69	1,05	-2,52	33,84
2	CO gaz	-110,50	197,40	28,41	4,10	-0,46	29,15
3	CO <sub>2</sub> gaz	-393,15	213,60	44,14	9,04	-8,53	37,13
4	Fe	0,00	27,15	10,25	21,00	-	25,23
5	FeO	-263,68	58,79	52,80	6,24	-3,19	48,12
6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-821,32	89,96	97,74	72,13	- 12,89	103,70
7	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-1117,71					
8	H <sub>2</sub> gaz	0,00	130,60	27,28	3,26	0,502	28,83
9	HBr gaz	-35,98	198,40	25,15	35,86	1,09	29,16
10	Br <sub>2</sub>	30,92	245,25	8,89	0,17	-0,28	8,60

11	HCl gaz	-92.30	186,70	26.53	4,60	1,09	29,16
12	HI gaz	-25.94	206.30	26.32	5.94	0,92	29,16
13	H <sub>2</sub> O gaz	-241,84	188.74	30.09	10.71	0,33	33.56
14	H <sub>2</sub> O suyuq	-285.84	69.96	-	-	-	75,31
15	H <sub>2</sub> S gaz	-20.15	205.37	29.37	15.40	-	33.93
16	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-811,30	156,96	-	-	-	137.57
17	Mg	0,00	32.55	22,30	10.64	-0,42	24,80
18	MgO	-601.24	26,94	42.59	7,48	-0,29	37,41
19	N <sub>2</sub> gaz	0,00	191.50	27.87	4,27	-	29,10
20	NH <sub>3</sub> gaz	-46.19	197,50	29,80	25,48	-1,67	85,65
21	NH <sub>3</sub> suyuq	-69.87	-	-	-	-	80,75
22	NH <sub>4</sub> Cl	-315.39	94.56	49,37	133.89	-	84,10
23	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-365.10	150,6	-	-	-	139,30
24	NO	90.37	210.62	29,58	3,85	-0,59	29,83
25	NO <sub>2</sub>	33.89	240.45	42.93	8,54	-6,74	37,11
26	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	9,37	304.30	83.89	39,74	-	78,99
27	Na <sub>2</sub> O	-430.60	71,10	65,69	22,59	14,90	72,43
						-	-
28	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	-1518,00	113.80	130,30	40.17	-	111.80
29	O <sub>2</sub> gaz	0,00	205,08	31,46	3,39	27,02	29,36
						-3,77	
30	SO <sub>2</sub> gaz	-296,90	248.10	42.55	12,55	-6,65	39,87
31	SO <sub>3</sub>	-395.20	256.23	57,32	26.86	-	50,63
						13,05	
32	Zn qattiq	0,00	41.59	22.38	10.04	-	25,43
33	Zn gaz	130.61	161,00	-	-	-	20,80
34	ZnO	-349,00	43.96	48,99	5,10	-9,12	40,28
35	CH <sub>4</sub>	-74,85	186,20	17.55	60.46	-	35,79
36	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	52.28	219.70	41.96	154.59	1,117	43.63
						-	
						81,09	

37	CH <sub>3</sub> Cl	-82,00	234,18	15,57	92,74	-	40,71
38	CH <sub>3</sub> OH suyuq	-238,57	126,80	19,5	-	28,31	81,60
39	CH <sub>3</sub> OH gaz	-201,20	237,70	14,28	105,20	-	43,90
						31,04	
40	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH suyuq	-277,60	160,70	-	-	-	111,40
41	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH gaz	235,30	282,00	19,07	21,70	108,6	73,60
						0	
42	CH <sub>3</sub> - CHO	-166,00	264,20	13,00	153,50	-	54,69
43	suyuq	-115,9	218,8	4,4498	13,953	53,07	8,45
	CH <sub>3</sub> - CHO gaz					-3,73	
44	CH <sub>3</sub> COOH	-487,40	160,00	-	-	-	123,50
45	suyuq	-436,76	293,54	5,56	243,50	-	66,50
	CH <sub>3</sub> COOH gaz					151,9	
						0	
46	SiO <sub>2</sub>	-860,11	41,875	10,87	8,71	-2,40	44,43
47	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-1530,50	-	-	-	-	-
48	HPO <sub>3</sub>	-1912,30	-	-	-	-	-
49	I <sub>2</sub> gaz	62,242	260,49	8,81	-	-	36,87
50	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	216,40	295,18	22,47	201,80	-	74,90
51	PH <sub>3</sub> gaz	9,25	210,21	-	-	63,50	-
						-	
52	PCl <sub>3</sub> krist	-339,19	-	-	-	-	-
53	PCl <sub>3</sub> gaz	-398,94	311,66	80,92	3,10	-7,99	72,05
54	PCl <sub>5</sub> krist	-463,56	-	-	-	-	-
55	PCl <sub>5</sub> gaz	-398,94	352,71	4,739	107,33	-	109,60
56	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> qattiq	-1283,65	176,2	-	-	-	176,20
57	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> suyuq	1271,94	201,87	-	-	-	201,87

Formulasi	Konsentratsiya, mol 1000 g suv							
	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
AgNO <sub>3</sub>	–	–	1,925	0,897	0,800	0,793	0,734	0,657
AlCl <sub>3</sub>	–	–	–	–	–	0,447	0,337	0,305
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	–	–	–	–	–	–	0,035	0,023
BaCl <sub>2</sub>	0,881	0,840	0,774	0,716	0,651	0,564	0,500	0,444
CaCl <sub>2</sub>	0,889	0,852	0,789	0,731	0,668	0,583	0,472	0,448
CuCl <sub>2</sub>	0,888	0,849	0,783	0,723	0,659	0,577	0,508	0,455
CuSO <sub>4</sub>	0,740	–	0,573	0,438	0,317	0,217	0,154	0,104
HBr	0,966	–	0,930	0,906	0,879	0,838	0,805	0,782
HCl	0,965	0,952	0,927	0,902	0,869	0,816	0,770	0,718
KNO <sub>3</sub>	0,975	0,951	0,926	0,898	0,862	0,799	0,730	0,663
MgSO <sub>4</sub>	–	–	–	–	–	0,150	0,108	0,068
NaCl	0,965	0,952	0,928	0,903	0,872	0,822	0,778	0,735
NaNO <sub>3</sub>	0,966	0,953	0,929	0,905	0,873	0,521	0,762	0,703
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,877	0,847	0,778	0,714	0,642	0,536	0,445	0,365

KCl tuzining suvli eritmasini solishtirma elektr o'tkazuvchanlik qiymatlariv.

12-

jadval

Tem, °C	KCl eritmasining berilgan konsentratsiyadagi elektr o'tkazuvchanligi ( $Om^{-1} \cdot sm^{-1}$ )			
	1 n	0,1 n	0,02 n	0,01n
0	0,06541	0,007160	0,001522	0,000776
8	0,07954	0,008889	0,001900	0,000970
10	0,09320	0,009340	0,001966	0,001019
12	0,08689	0,009790	0,002090	0,001070
16	0,09441	0,010720	0,002290	0,001173
18	0,09830	0,011200	0,002399	0,001224
20	0,10207	0,011670	0,002500	0,001278
24	0,10984	0,012640	0,002710	0,001386
25	0,11180	0,012890	0,002768	0,001412

291 K dagi ionlarning harakatchanlik qiymatlari . 13-jadval

Ionlar	$l_K$	Ionlar	$l_G$	Ionlar	$l_K$	Ionlar	$l_G$
H <sup>-</sup>	315	OH <sup>-</sup>	174	Cs <sup>-</sup>	66,8	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	55,8
Li <sup>-</sup>	32,6	F <sup>-</sup>	47,6	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	63,6	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	49,0
Na <sup>-</sup>	42,4	Cl <sup>-</sup>	66,3	Ag <sup>-</sup>	53,2	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	34,8
K <sup>-</sup>	63,7	Br <sup>-</sup>	68,2	Cu <sup>2-</sup>	90,6	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	62,6
Rb <sup>-</sup>	66,3	I <sup>-</sup>	66,8	Mg <sup>2-</sup>	89,2	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	59,1
Ca <sup>2-</sup>	108,8	HCOO <sup>-</sup>	47	Sr <sup>2-</sup>	101,2	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	35
Zn <sup>2-</sup>	90	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	124,4	Cd <sup>2-</sup>	90,2	CO <sup>2-</sup>	120
Pb <sup>2-</sup>	122	Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>-</sup>	144	Fe <sup>2+</sup>	90	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	137,4
Mn <sup>2-</sup>	89	-	-	Co <sup>2-</sup>	90	-	-
Ni <sup>2+</sup>	81	-	-	Fe <sup>3+</sup>	183	-	-
Al <sup>3-</sup>	120	-	-	-	-	-	-
Cr <sup>3-</sup>	135	-	-	-	-	-	-

298 K da metallarning normal elektrod potentsiallari . 14-jadval

Elektrod reaksiyalari	$\varphi^0$ , V	Elektrod reaksiyalari	$\varphi^0$ , V
Li → Li <sup>-</sup> + e	-3.02	Ca → Ca <sup>2-</sup> + 2e	-2,84
Rb → Rb <sup>-</sup> + e	-2.98	Na → Na <sup>-</sup> + e	-2.713
K → K <sup>+</sup> + e	-2.92	Mg → Mg <sup>2-</sup> + 2e	-2.38
Ba → Ba <sup>2-</sup> + 2e	-2.92	Al → Al <sup>3-</sup> + 3e	-1.66
Sr → Sr <sup>2-</sup> + 2e	-2.89	Mn → Mn <sup>2-</sup> + 2e	-1.05
Zn → Zn <sup>2+</sup> + 2e	-0.763	Bi → Bi <sup>3-</sup> + 3e	+0.23
Cr → Cr <sup>3+</sup> + 3e	-0.71	As → As <sup>3-</sup> + 3e	+0.30
S <sup>2-</sup> → S <sup>0</sup> + 2e	-0.51	Cu → Cu <sup>2-</sup> + 2e	+0.34
Fe → Fe <sup>2-</sup> + 2e	-0.441	Cu → Cu <sup>-</sup> + e	+0.52
Cd → Cd <sup>2-</sup> + 2e	-0.402	I <sub>2(q)</sub> + 2e → 2I <sup>-</sup>	+0.536

$Tl \rightarrow Tl^+ + e$	-0,335	$2Hg \rightarrow Hg_2^{2+} + 2e$	+0,798
$Co \rightarrow Co^{2+} + 2e$	-0,27	$Ag \rightarrow Ag^+ + e$	+0,799
$Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e$	-0,23	$Pd \rightarrow Pd^{2+} + 2e$	+0,83
$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e$	-0,140	$Hg \rightarrow Hg^{2+} + 2e$	+0,854
$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e$	-0,126	$Br_2 + 2e \rightarrow 2Br^-$	+1,066
$Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e$	-0,036	$Pt \rightarrow Pt^{2+} + 2e$	+1,2
$\frac{1}{2} H_2 \rightarrow H^+ + e$	+0,000	$Cl_{2(g)} + 2e \rightarrow$	+1,358
$Sn \rightarrow Sn^{4+} + 4e$	+0,050	$2Cl^-$	+1,42
$Sb \rightarrow Sb^{3+} + 3e$	+0,20	$Au \rightarrow Au^{3+} + 3e$	+2,85
		$Au \rightarrow Au^+ + e$	
		$F_{2(g)} + 2e \rightarrow 2F^+$	

Kalomel elektrod potentsiallari.

15-jadval

$^{\circ}C$	KCl eritmaları uchun potentsial qiymatlari (mV)			$^{\circ}C$	KCl eritmaları uchun potentsial qiymatlari (mV)		
	0.1 n	1 n	to'yingan		0.1 n	1 n	to'yingan
10	337,4	286,4	253,6	18	336,9	284,5	248,3
11	337,3	286,2	252,9	19	336,9	284,2	247,7
12	337,3	285,9	252,3	20	336,8	284,0	247,1
13	337,2	285,7	251,6	21	336,7	283,8	246,4
14	337,2	285,4	251,0	22	336,7	283,5	245,8
15	337,1	285,2	250,3	23	336,6	283,3	245,1
16	337,0	285,0	249,7	24	336,6	283,0	244,5
17	337,0	284,7	249,0	25	336,3	282,8	248,8

Ebulioskopik va krioskopik konstantalar. 16-jadval

$K = \frac{M \cdot \Delta t}{C}$ ;  $\Delta t = \frac{K \cdot C}{M}$ ;  $M = \frac{K \cdot C}{\Delta t}$ , shularga o'xshash  $E$  aniqlanadi.  $E$  – ebulioskopik;  $K$  – krioskopik konstanta.  $C$  – 1000 g erituvchida erigan moda miqdori, molyal.  $\Delta t = \Delta T$  – moddaning qaynash haroratini molyar ko'tarilishi yoki muzlash haroratini molyar pasayish qiymati:  $\Delta t_q = t_1 - t_0$ ;  $\Delta t_{muz} = t_0 - t_1$

Erituvchi - moddalar	$E$	$\Delta t_q$	$K$	$\Delta t_{suyuq}$
-------------------------	-----	--------------	-----	--------------------

$H_2O$	0.516	100	1.86	0
<i>Atseton</i>	1.48	56	2,4	-94.6
<i>Anilin</i>	3.22	184.4	5,87	-5.96
<i>Benzol</i>	2.57	80,2	5.1	5.4
<i>Brombenzol</i>	6.26	156.2	—	—
<i>Butilbenzol</i>	5,8	—	—	—
<i>Dietilefir</i>	2.16	35.6	—	—
<i>Kamfora</i>	6.09	204	—	—
<i>Naftalin</i>	5,8	208	6.899	80,1
<i>Nitrobenzol</i>	5.28	210.9	6.9	5.7
<i>Piridin</i>	2.687	115.8	6.90	5.7
<i>Propilbenzol</i>	4.87	—	—	16.55
<i>Sirka kislota</i>	3.07	118.5	3.9	—
<i>Toluol</i>	3.27	110.6	—	—
<i>Uglerod sulfid</i>	2,29	46.3	—	—
<i>Uglerod to'rtxlol</i>	5,3	76.7	2.98	-23
<i>Xloroform</i>	3.88	61.2	4.9	-63.2
<i>Etil spirti</i>	1.2	78.2	—	—
<i>Etil atsetat</i>	6.43	78.3	—	—

*Kimyoviy jarayonda ishlatiladigan yunon xarflarining belgilari 17-jadval*

belgisi	o'qilishi	belgisi	o'qilishi	belgisi	o'qilishi	belgisi	o'qilishi
$\alpha$	<i>alfa</i>	$\eta$	<i>eta</i>	$\nu$	<i>nyu</i>	$\tau$	<i>tau</i>
$\beta$	<i>beta</i>	$\theta$ yoki $\vartheta$	<i>teta</i>	$\xi$	<i>ksi</i>	$\upsilon$	<i>ipsilon</i>
$\gamma$	<i>gamma</i>	$\iota$	<i>yota</i>	$\omicron$	<i>omikron</i>	$\phi$ yoki $\phi$	<i>fi</i>
$\delta$	<i>delta</i>	$\kappa$	<i>kappa</i>	$\pi$ yoki $\varpi$	<i>pi</i>	$\chi$	<i>xi</i>
$\epsilon$ yoki $\varepsilon$	<i>epsilon</i>	$\lambda$	<i>lyambda</i>	$\rho$ yoki $\varrho$	<i>ro</i>	$\psi$	<i>psi</i>
$\zeta$	<i>dzetta</i>	$\mu$	<i>myu</i>	$\sigma$ yoki $\varsigma$	<i>sigma</i>	$\omega$	<i>omega</i>

belgisi	o'qilishi	belgisi	o'qilishi	belgisi	o'qilishi	belgisi	o'qilishi
A	<i>Alfa</i>	H	<i>Eta</i>	N	<i>Nyu</i>	T	<i>Tau</i>
B	<i>Beta</i>	Θ	<i>Teta</i>	Ξ	<i>Ksi</i>	Υ	<i>Ipsilon</i>
Γ	<i>Gamma</i>	I	<i>Yota</i>	Ο	<i>Omikron</i>	Φ	<i>Fi</i>
Δ	<i>Delta</i>	K	<i>Kappa</i>	Π	<i>Pi</i>	Χ	<i>Xi</i>
E	<i>Epsilon</i>	Λ	<i>Lyambda</i>	P	<i>Ro</i>	Ψ	<i>Psi</i>
Z	<i>Dzetta</i>	M	<i>Myu</i>	Σ	<i>Sigma</i>	Ω	<i>Omega</i>



## MASALALARNING

### JAVOBLARI

1. 1,094 l
2.  $7,8 \cdot 10^5 Pa$
3.  $1,68 m^3$
4.  $2,025 \cdot 10^5 Pa$
5. 1,438 l
6. 4,657 g
7. 191,645 g
8.  $2,52 \cdot 10^5 Pa$
9. 231,52 l
10. 1,3 marta
11. 273 K
12.  $2,025^\circ C$  yoki 275,025 K
13.  $2,04 \cdot 10^6 Pa$
14.  $-99^\circ C$  yoki 174 K
15.  $82,7^\circ C$  yoki 355,7 K
16. 1,4 g/l
17. 1,25 g/l
18. 153433,2 Pa; 574,4 K
19. 0,564 g/l
20.  $1012,83^\circ C$  yoki 1285,83 K
21. 151,35 l
22. 787,5 l
23. 34,76 l
24. 1,723 l
25. 14,867 l
26. 57,4%
27.  $V_2=1098 l, V_3=6,828 m^3$
28. 1,9233 g
29.  $1,35 \cdot 10^5 Pa$
30. 210,75 ml
31. 75 ta
32. 57,96 g
33.  $M=156$
34.  $M=71,013; \rho=2,878 g/l$
35.  $\bar{L}=28$  va  $\rho=0,2863 g/l$
36.  $8,325 kJ/mol$
37. 4,81 g
38. 80,23%
39. 1,327 g
40. 4,04 g
41. 0,567 l
42. 68,23 l
43. 0,768 l
44. 48,6 l
45. 1,639 l
46. 48,8l ga kamayadi
47.  $31,7^\circ C$  yoki 304,7 K
48.  $-73^\circ C$  yoki 200 K
49. 2,578 kg
50. 121,87 K
51. 423,75 m<sup>3</sup> soniya
52. 4,69 marta tez
53. 477,89 m<sup>3</sup> soniya
54. 1,323 marta CH<sub>4</sub> tez xarakat qiladi
55. 4 marta
56. 1,93 marta
57.  $583,25 \cong 580 m/sek$
58. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 1,09 marta tez xarakat qiladi
59. 1682,55 K
60. 218,06 K
61.  $21^\circ C$  yoki 462,2 K
62.  $v_a=676,55 m/soniya; v_k=414,3 m/soniya$
63. 872,42 K
64. 271,13 K gacha sovutish kerak, ya'ni 104,87K ga pasayishi kerak
65.  $U_a=288,92 K; U_{kv}=245,37 K$
66.  $50,91 \cdot 10^4 \cong 52,28 \cdot 10^4 Pa$
67.  $32,87 \cdot 10^5 Pa$
68.  $14,3 \cdot 10^6 Pa; 12,4 \cdot 10^6 Pa;$  farqi  $1,9 \cdot 10^6 Pa$
69. 1,081=1,081 Pa
70. 0,07 l
71. 0,035 l
72. 0,0056 l
73. 2062 g/l
74. 0,371 g
75. 358,87 K
76.  $P_{um.}=2,77 \cdot 10^5 Pa; P_{O_2}^0=1,06 \cdot 10^5 Pa; P_{NH_3}^0=1,71 \cdot 10^5 Pa$

77. 79709,65 Pa
78. 64849,2 Pa; 36477,68 Pa;  
101326,88 Pa
79.  $3,17 \cdot 10^5$  Pa;  $1,27 \cdot 10^5$  Pa;  
 $1,9 \cdot 10^5$  Pa;  
 $P_{um}=6,3 \cdot 10^5$  Pa
80. 58622,86 Pa;  
146557,17 Pa;  
205180 Pa
81. 79735 Pa
82. 35970 Pa; 41990 Pa;  
13590 Pa;  $P_{um}=91550$  Pa
83. 34420 Pa
84. 0,67 l H<sub>2</sub> qo'shiladi
85. 79124,7 Pa; 21227,59 Pa;  
942,3 Pa; 30,43 Pa
86. 309485,21 Pa
87.  $P'_{CO_2}=347760$  Pa;  
 $P'_{O_2}=4636800$  Pa;  
 $P'_{N_2}=695520$  Pa;  
 $P_{um}=5680080$  Pa
88.  $P'_{CO}=29772$  Pa;  $P'_{H_2}=3192$  Pa;  
 $P'_{CO_2}=10640$  Pa;  
 $P'_{N_2}=62776$  Pa
89. 6,485 kg
90. 83,07 kg; CO=27,09%;  
H<sub>2</sub>=0,187%;  
N<sub>2</sub>=56,6%;  
CO<sub>2</sub>=15,96%;  
CH<sub>4</sub>=0,163%
91. 12,226 kg
92. 22218,33 Pa
93. 20,632 kg
94.  $m_{CO}=13,05\%$ ;  
 $m_{H_2}=1,10\%$ ;  $m_{N_2}=67,65\%$ ;  
 $m_{CO_2}=17,09\%$ ;  
 $m_{CH_4}=1,12\%$ ;
95.  $r_{CO_2}=0,12$ ;  $r_{H_2}=0,14$ ;  
 $r_{CO}=0,2$ ;  $r_{N_2}=0,54$
96.  $C_p=89,732$  kJ/kmol·K;  
 $C_p=98,05$  kJ/mol·K;  
 $\frac{C_p}{C_v}=1,093$
97.  $C_p=22,63$  kJ/mol·K;  
 $C_p=14,312$  kJ/mol·K;  
 $\frac{C_p}{C_v}=1,581$
98. 0,7482 J/g·K;  
 $C_p=12,636$  J/mol·K
99.  $Q=1655,6$  kJ
100.  $Q=152103,72$  kJ
101.  $Q=2290$  kJ
102.  $Q_p=36,144$  J/mol·K
103.  $c=1,1137$  J·g·K
104.  $C=0,0576$  kJ/kg·grad
105.  $Q=1862$  kJ
106.  $Q=17607,21$  kJ
107.  $Q=64708,36$  kJ
108.  $Q=91,8$  kJ
109.  $Q=190,7$  kJ
110.  $C_{hajm}=1,43$  kJ/m<sup>3</sup>·K
111.  $C_{hajm}=1,34$  kJ/m<sup>3</sup>·K
112.  $c=0,9263$  kJ/kg·K
113.  $c=0,3614$  kJ/kg·K
114.  $0,44 \approx 0,457$  kJ/kg·K
115.  $c=4,194$  kJ/kg·K
116.  $\Delta U=188$  kJ
117.  $\Delta U=79,2$  kJ
118.  $\Delta U=39,945$  kJ
119.  $\Delta U=34,73$  kJ
120.  $Q=13,92$  kJ
121.  $A=541,44$  J
122.  $A=295,20$  kJ
123.  $A=246,5$  kJ
124.  $A=21,71$  kJ
125.  $Q=-28,62$  kJ
126.  $A=5,74$  kJ
127.  $Q=3,99$  kJ
128.  $Q=415,7$  J
129.  $A=51,679$  J;  $Q=374,13$  J
130.  $A=1558,9$  J
131.  $\Delta H=692$  J/l
132.  $\Delta H=571,43$  J/l
133.  $\Delta H=47390$  kJ/mol
134.  $\Delta H=22095$  kJ
135.  $\Delta H=4299,5$  kJ

130.  $6426,72 \text{ kJ}$
131.  $19,28 \text{ kJ}$
132.  $Q_V=43,78 \text{ kJ}$
133.  $Q_V=824,91 \text{ kJ}$
134.  $Q_P=5166,84 \text{ kJ}$
135.  $\Delta H^{yon} = -1367,32 \text{ kJ}$
136.  $\Delta H_{benz}^0 = -60,88 \text{ kJ}$
137.  $\Delta H_{reak.}^0 = 2414,56 \text{ kJ}$
138.  $\Delta H_{CS_2}^0 = -120 \text{ kJ/mol}$
139.  $\Delta H_{reak.}^0 = 177,9 \text{ kJ/mol}$
140.  $\Delta H_{reak.}^0 = 2035,36 \text{ kJ/mol}$
141.  $\Delta H_{reak.}^0 = -176,9 \text{ kJ/mol}$
142.  $Q_{CuSO_2} = 66,56 \text{ kJ/mol}$
143.  $\Delta H_{erish} = -13,71 \text{ kJ}$
144.  $\Delta H_{erish}^{H_2SO_4} = 70,25 \text{ kJ}$
145.  $\Delta H_{erish}^{HNO_3} = 37,21 \text{ kJ}$
146.  $\Delta H_{erish}^{HCl} = 25,1 \text{ kJ}$
147.  $\Delta H_{C_2H_2}^0 = -182,8 \text{ kJ/mol}$
148.  $\Delta H_{C_4H_{10}}^0 = -165,4 \text{ kJ/mol}$
149.  $\Delta H_{CH_3CHO}^0 = 167,24 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H_{reak.}^0 = -1,09 \text{ kJ/mol}$  (energiya bog'lari asosadi);  $\Delta H_{reak.}^0 = -247,23 \text{ kJ/mol}$  (moddalarning hosil bo'lish issiqligi asosadi);
150.  $\Delta H_{reak.}^0 = -791,22 \text{ kJ}$
151.  $\Delta H_{reak.}^0 = 256,6 \text{ kJ}$
152.  $2192,1 \cong 2058,53 \text{ kJ}$
153.  $1337,6 \cong 1366,91 \text{ kJ}$
154.  $2003,82 \cong 1946 \text{ kJ}$
155.  $93,381 \text{ kJ}$
156.  $240,47 \text{ kJ}$
157.  $-37,27 \text{ kJ}$
158.  $-151,67 \text{ kJ}$
159.  $1897,9 \text{ J}$
160.  $446,73 \text{ J/mol}$
161.  $-452,3 \cdot 10^3 \text{ kJ}$
162.  $-1707,8 \cdot 10^3 \text{ kJ}$
163.  $19,89 \text{ kJ}$
164.  $\Delta H = 1,1 \cdot 10^3 \text{ kJ}$
165.  $\eta = 0,1912$ ;  $Q_2 = 148,66 \text{ kJ}$
166.  $A = 85,46 \text{ kJ}$
167.  $\eta = 0,66$ ;  $Q_2 = 17,16 \text{ kJ}$
168.  $A = 50,82 \text{ kJ}$
169.  $A = 2,57 \text{ kJ}$ ;  $T = 17,7 \text{ K}$ ga pasayadi
170.  $A = 1,68 \text{ kJ}$
171.  $\Delta S = -17,3 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}$
172.  $og'zaki$
173.  $\Delta S = 191 \text{ J/grad}$
174.  $og'zaki$
175.  $T = 506,6 \text{ K}$
176.  $\Delta S = 83,36 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$
177.  $\Delta S = -10,02 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$
178.  $\Delta S = -68,45 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$
179.  $\Delta S = 123,45 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$
180.  $\Delta S_1 = -197,72 \text{ J}$ ;  $\Delta S_2 = 82,25 \text{ J}$ ;  $\Delta S_3 = 8,46 \text{ J}$
181.  $\Delta S = 2515,95 \text{ J/l}$
182.  $\Delta S = 139 \cdot 10^3 \text{ J/kmol} \cdot \text{K}$
183.  $\Delta S = 146,8 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$
184.  $\Delta S = 2 \text{ marta ortadi}$
185.  $\Delta G = 4471,3 \text{ kJ}$
186.  $\Delta G = 11,187 \text{ kJ}$
187.  $\Delta G = -102,73 \text{ kJ}$
188.  $\Delta G = -2004,35 \text{ kJ}$
189.  $\Delta G = 590,94 \text{ kJ} > 0$ , jarayon o'ng tomonga boradi
190.  $\Delta G = 3573,6 \text{ J/mol}$
191.  $\Delta G = 123,3 \text{ J}$
192.  $\Delta G = -53,34 \text{ kJ}$
193.  $\Delta G = 61,242 \text{ kJ}$
194.  $\Delta G = -188,65 \text{ kJ}$
195.  $\Delta U = -3,1 \text{ kJ/mol}$
196.  $\Delta G = -390 \text{ kJ/mol}$
197.  $K_C = 1$ ;  $K_P = 0,188$ ;  $C_{CO_2}^0 = 20\%$ ;  $C_{H_2}^0 = 80\%$
198.  $K_C = 4$ ;  $C_{K-ta}^0 = 1 \text{ mol}$ ;  $C_{spirir}^0 = 1 \text{ mol}$
199.  $K_C = 0,225$
200.  $K_C = 0,7316$ ;  $C_{N_2}^0 = 0,5 \text{ mol}$ ;
201.  $C_{H_2}^0 = 1,5 \text{ mol}$
202.  $K_C = 4,28 \cdot 10^{-3}$
203. Tenglamalarni yoziladi

209.  $K = 1,825 \cdot 10^5$
210.  $CO_2$  va  $H_2$  konsratsiyalari (mol): a) 1,714; b) 2,4; v) 2,86; g) 3,33.  
Muvozanat chapdan o'ng tomonga siljiydi.
211.  $K_C = 7,52 \cdot 10^{-6}$
212. og'zaki
213. og'zaki
214. reaksiya o'ngdan chapga boradi
215.  $\Delta G = -5177 J$ , reaksiya o'ng tomonga boradi
216.  $\Delta G = -338,8 kJ/mol$
217.  $\Delta G = -26900 J$
218.  $\Delta F = -4100 J$
219.  $K = 9,795 \cdot 10^2$
220.  $K_p = 8,0695$
221.  $\Delta G = -69,63 kJ$
222.  $\Delta G = 124,8 kJ$
223.  $K = 2,07 \cdot 10^{-6}$
224. og'zaki
225. og'zaki
226. og'zaki
227. og'zaki
228.  $\frac{v_{to'g'ri}}{v_{teskari}} = \frac{32}{16}$ , hajmi 4 marta kamaytirilsa, muvozanat o'ngga siljiydi
229.  $\frac{v_{to'g'ri}}{v_{teskari}} = \frac{100}{10}$ , to'g'ri reaksiyalar tezligi 10 marta ortadi.  
Muvozanat o'ngga siljiydi
230.  $K = 2,84 \cdot 10^{11}$
231.  $K = -103,69$
232.  $K_p = 4,8285 \cdot 10^{10}$
233.  $K_p = 1,5744 \cdot 10^6$
234.  $\Delta G_T > 0$  reaksiya o'ngga boradi
235.  $\Delta G_T < 0$  reaksiya chapga boradi
236.  $K_p = 2,84 \cdot 10^{10}$
237.  $K_p''' = 2,467 \cdot 10^{-6}$
238.  $K_p = 1,02 \cdot 10^{-3}$
239.  $\frac{K_2}{K_1} = 0,51$
240.  $K_p = 7,1399 \cdot 10^{-14}$
241.  $K_c = 22,26$
242.  $K_c = 0,3387$
243.  $K_p'' = 3,082 \cdot 10^{22}$ ;  $K_p = 7,4 \cdot 10^{18}$
244.  $K_p' = 6,6 \cdot 10^{32}$ ;  $K_p'' = 2,8 \cdot 10^{24}$
245.  $K_p' = 1,38$ ;  $K_p'' = 2,92 \cdot 10^3$
246.  $\Phi = 3$ ;  $F = 3$
247.  $\Phi = 4$ ;  $F = 1$
248. a)  $F = 1$ ; b)  $F = 0$ ; v)  $F = 1$ ; g)  $F = 2$
249. a)  $F = 1$ ; b)  $F = 2$ ; v)  $F = 2$ ;
- g)  $S_{romb} \rightleftharpoons S_{monok}$  muvozanatda  
 $S_{suyuu} \leftrightarrow S_{bug'}$
250.  $F = 2$ ;  $F = 2$
251.  $F = 3$
252.  $S_b = 6,88 kg$
253. o-ksilol = 0,446 kg
254.  $T_{suyuu} = 316,4 K$
255.  $\Delta H_{bug} = 8,62 \cdot 10^3 kJ/kmol$
256.  $\Delta H_{bug} = 2,74 \cdot 10^4 kJ/kmol$
257.  $\Delta H_{bug} = 2,37 \cdot 10^4 kJ/kmol$
258. 273,15 K da:  $2,504 \cdot 10^3$ ;  $2,4 \cdot 10^3 kJ/kg$ ; 573 K da:  $1,712 \cdot 10^3$ ;  $1,403 \cdot 10^3 kJ/kg$
259.  $T_{qay} = 305,16 K$
260. 103,195 g
261.  $\Delta H_{bug} = 1,904 \cdot 10^4 kJ/mol$
262.  $P = 4,123 \cdot 10^4 N/m^2$ ;  $\Delta H_{bug} = 4,995 \cdot 10^4 kJ/kmol$
263.  $\Delta P = 5,998 N/m^2$
264. a)  $157^\circ C$ ; b)  $302^\circ C$
265. 1744 Pa
266. 11690 J.g-atom
267. 379,6 J.g; 373,4 J.g

268.	12760 Pa	$n_{KCl}=15,4\%$	299.	7057,74 Pa
269.	$3,546 \cdot 10^5$ Pa	$n_{H_2O}=94,39\%$	300.	97350,71 Pa
270.	10650 Pa	283. $n_{C_6H_6}=45,79\%$	301.	97258,1 Pa
271.	0,0841°C yoki 273,0659 K	$n_{ats}=15,4\%$	302.	99427,83 Pa
272.	8,44°C yoki 281,144 K	$n_{C_2H_5OH}=38,82\%$	303.	$c=1,366$ mol/l
273.	1,652 ml/mol	284. 11,65 g-mol/1000 g suv	304.	6,97 g
274.	13,56 g-ekv; 6,76 g- mol/l; 9,46 g-mol/1000 g suv	9,96 g-mol/l	305.	19144,5 Pa
275.	20%	285. 16,56 g-mol/1000 g suv	306.	56527,3 Pa
276.	16,95 g-mol/l; 33,48 g-ekv/l; 103,2 g-mol/1000 g suv	9,96 g-mol/l	307.	11,573 g shakar eriydi
277.	16%; 4,76 g-mol/1000 g suv	286. 0,6 g-mol/l; 0,699 g BaSO <sub>4</sub>	308.	34709,57 Pa
278.	37,98%; 5 g-mol/l 6,25 g-mol/1000 g suv	287. 0,1395 g-mol/l	309.	$M_{noetek}=61,16$
279.	5,76 mol KOH; 50,98 mol suv; 1 mol KOH:8,85 mol suv	288. 8,12 g AgCl	310.	5928398,3 Pa; $f=1,17$
280.	1,471 g-mol/l; 2 g-mol/1000 g suv	289. 10 ml NaOH; 0,1 g- mol/l H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	311.	570739,8 Pa; $f=1,05$
281.	$n_{NaOH}=1$ mol; $n_{H_2O}=3,33$ mol	290. 1698,55 ml suv qo'shiladi	312.	0,322
282.	3,3 g-mol/1000 g suv; 2,65 g-mol/l; $n_{KCl}=3,3$ mol; $n_{H_2O}=55,56$ mol;	291. 0,21 g-mol/l	313.	1,37
		292. 2,1375 g Ba(OH) <sub>2</sub> ; 0,5 g-ekv/l	314.	$\alpha_{ats}=0,6976$ ; $\gamma_{ats}=0,956$ ; $\alpha_{CHCl_3}=1,713$ ; $\gamma_{CHCl_3}=6,333$
		293. 0,625 g-ekv/l	315.	$\alpha_{gl}=0,52$
		294. $n_{H_2O}=98,395\%$ ; $n_{NH_4OH}=0,49\%$	316.	$2,40 \cdot 10^{-1}$ m <sup>3</sup> yoki 0,24l
		$n_{K_2SO_4}=0,393\%$ ; $n_{KNO_3}=0,725\%$	317.	0,884 l
		295. 8,93 g-ekv/l	318.	6,1828 g ekstraksiya qilingan. 0,03 g J <sub>2</sub> suvda eroladi
		296. 954046 Pa	319.	0,1075 mol/l
		297. 4177,23 Pa	320.	3,308
		298. $M=119,77$	321.	$a=0,02$ ; $\xi=1,5$
			322.	$M_{s,k-ta}=133,2$
			323.	$E=2,63$
			324.	$S=8$ atom

325	$L_b=4 \text{ kJ/mol}$	332	373.62 K da qaynaydi:	$H_2O=84.1\%$ :
326	$E_b=2.64$ ; $E_c=3.37$ ; $E_{e.b.}=4.14$ ; $E_{p.b.}=4.87$ ; $E_{b.b.}=5.8$	333	$P=3124 \text{ Pa}$	$C_6H_5Br=15.9$ :
327	$E_1=0.514$ ; $E_2=28.43$ ; $E_3=33.82$ ; $E_4=39.48$	334	$2.56 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	335. 1,18 g mol
328	$\Delta t=0,0143^\circ\text{C}$	335	$P_{um}=110990,87 \text{ Pa}$ ;	336. 1-usulda eritmada
329	309.743 K	336	$P'_{CS_2}=24665.97 \text{ Pa}$ ;	0,215% $I_2$ qoladi. 2-
330	34.8%	337	$P'_{CCl_2}=16813,755 \text{ Pa}$	usulda 0,65% $I_2$
331	$T_1=-47.56^\circ\text{C}$	338	$P_{um}=99964.7 \text{ Pa}$ ;	eritmada qoladi
332	$T_{qot}=1461.46 \text{ K}$	339	$P'_{ben.}=25543,14 \text{ Pa}$ ;	337. $1,273 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$
333	$T_{qot}=1490,46 \text{ K}$	340	$P'_{tol.}=17539,795 \text{ Pa}$ ;	338. $\tau=0,03558$ ; $M=117.6$
334	63,5	341	$P'_{um.}=43083 \text{ Pa}$	339. $K_1=2.154$ ; $K_2=2,115$ ;
335	152,15	342	$P_{um}=11293.68 \text{ Pa}$ ;	$K_3=2.209$ ; $K_4=2.207$ ;
336	272.07 K	343	$N_{o.k.}=0,212 \text{ mol}$ ;	$K_{ort}=2,171$
337	369.5 K da qaynadi	344	$N_{ben.}=1,212 \text{ mol}$	340. 5,74 g fenol olinadi
338	$K_{ben}=5.16$	345	$P_{um}=10147.6 \text{ Pa}$ ;	341. 5,85 l; 0,579 l; 0,0527
339	$\Delta t=0,9^\circ\text{C}$ ; $t_2=272,1 \text{ K}$	346	$N_{p.k.}=64.6 \%$ ;	l;
340	$I_{k.k}^s=178,85 \text{ J/g}$ ;	347	$N_{ben.}=35.4 \%$	342. 14 marta
341	$I_s=188 \text{ J/g}$	348	$P_{um}=175012,78 \text{ Pa}$ ;	343. $4,61 \cdot 10^{-3} \text{ g}$
342	$1,08 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	349	$N_{ben.}=47.5\%$ ;	344. 285 ml
343	$\pi_2=99323,034 \text{ Pa}$	350	$N_{e.ben.}=52.5\%$	345. $2,108 \cdot 10^{-7}$ ; $2,107 \cdot 10^{-7}$ ;
344	$\pi_2=5,484 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	351	$N_b^s=0,3493$ ;	$2,103 \cdot 10^{-7}$
345	$M=94$	352	$N_b^{gaz}=0,6335$ ;	346. 336,393 g
346	342,3	353	$N_{tol}^s=0,6507$ ;	347. 1,746 g
347	179,2	354	$N_{tol}^{gaz}=0,3665$	348. $47570 \text{ N/m}^2$ ; $0,5308 \text{ l}$ ;
348	3,865 g	355	97.63; 7410,77 Pa	0,6648 g
349	$1,954 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	356	47.7%; 52.3%; benzol	349. 53,15%
350	$1,2084 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	357	bug'i 11.4 marta ko'p	350. $O_2=34,82\%$ ;
351	565.34 Pa	358	119,1	$N_2=61,57\%$ ;
352	0,865 g-mol/1000 g	359	1 mol brombenzolga	$Ar=1,751\%$ ;
		360	5,28 mol suv to'g'ri	$CO_2=2,3\%$
		361	keladi:	381. $CO=4,54\%$ ;
				$H_2O=0,27\%$ ;
				$CH_4=0,08\%$ ;

suv

	$H_2S=6.42\%$ ;	408. 1.34%	448. $\lambda_V=173,95 \text{ Om}^{-1}$
	$CO_2=82,42\%$ ;	409. $5.37 \cdot 10^{-6} \text{ mol H}^+$ ;	$1 \cdot sm^2/g-ekv$ ;
	$N_2=6,27\%$	5.27;	$\alpha=1,74 \cdot 10^{-3} \text{ Om}^{-1} \cdot sm^{-1}$
382.	1.181 g	$7.2 \cdot 10^{-10} \text{ mol H}^+$ ; 9.14	429. $\alpha=2.9 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \cdot sm^{-1}$
383.	2,106 g	410. 1:2	430. $\alpha=57,61\%$
384.	0.00372 g	411. $9.1 \text{ sm}^3$	434. $\alpha=50.20\%$
385.	$\alpha=84\%$	412. 7.38 g	432. $C_{OH^-}=0.616 \text{ g-ion/l}$ ;
386.	$K=0,2634$	413. $pH=8,3$	$\lambda_V=188,5 \text{ Om}^{-1} \cdot sm^2/g-$
387.	$46537,74 \text{ Pa}$	414. $pH=6,9$	$ekv$
388.	$\alpha=89,6\%$	415. $pH=9,86$	433. $C_{H^+}=0,5436 \text{ g-ion/l}$
389.	$\alpha=20,1\%$	416. $pH=3.79$	434. 1.4%
390.	$n=3 \text{ ion hosil bo'ladi}$	417. $0,052 \text{ mol/l}$	435. 0.473%
391.	$\alpha=84\%$	418. a) $2.06 \cdot 10^{-2}$ ; 0.144;	436. $\alpha=1.477 \cdot 10^{-9}$ ;
392.	$\alpha=86\%$	b) $1,688 \cdot 10^{-3}$ ; 0,41;	$K=1,206 \cdot 10^{-16}$
393.	$i=2,24$ ; $\alpha=62\%$	v) $1.5 \cdot 10^{-5}$ ; $3.87 \cdot 10^{-3}$ ;	437. $\alpha=3,264\%$ ;
394.	27%	g) $5 \cdot 10^{-4}$ ; $7.9 \cdot 10^{-2}$ ;	$K=1,721 \cdot 10^{-5}$ ;
395.	12,5%	d) $9,4 \cdot 10^{-3}$ ; 0,211;	$C_{OH^-}=5,1 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion/l}$
396.	$i=1.07$ ; $\alpha=3,6\%$	419. a) 0.91; b) 0.25; v)	438. $K=1,756 \cdot 10^{-5}$
397.	85.1%	0.86; g) 0.026	439. $389,8 \text{ Om}^{-1} \cdot sm^2/g-ekv$
398.	1.5 l	420. 0,15; 0.15 mol/kg	440. $410,6 \text{ Om}^{-1} \cdot sm^2/g-ekv$
399.	3; 2.3; 3.9; 12.4; 10.6;	421. 0,84; $8.4 \cdot 10^{-3}$	441. $121,6 \text{ Om}^{-1} \cdot sm^2/g-ekv$
	8,6	422. a) $1,27 \cdot 10^{-3}$ ; $3,78 \cdot 10^{-2}$ ;	442. $-0,1977^\circ\text{C}$
400.	$pH=2,4$	b) $8,4 \cdot 10^{-3}$ ; $1,6 \cdot 10^{-3}$	443. $1,116 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$
401.	11.1	423. 0,8	444. 0.3694 g
402.	$2,88 \cdot 10^{-3} \text{ mol va}$	424. $1,1 \cdot 10^{-5}$	445. $m_{HCl}=0.02698 \text{ g}$ ;
	$2,4 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$	425. 1,5 marta	$m_{CH_3COOH}=0.05405 \text{ g}$
403.	a) 5 ga ortadi; b) 2,3	426. $1.05 \cdot 10^{-5}$ ; $1,81 \cdot 10^{-5}$ ;	440. $120 \text{ Om}^{-1} \cdot sm^2/g-ekv$
	ga kamayadi	$5 \cdot 10^{-3}$	447. 98,5%
404.	92,5%	427. $5,55 \cdot 10^{-4}$ ; $1,98 \cdot 10^{-4}$	448. $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$
405.	$0,0099 \text{ mol/l}$	mol/kg	449. $-0,121 \text{ V}$
406.	$pH=2,6$		450. $E_1 \approx -0,804 \text{ V}$ ; $E_2 = -$
407.	$pH=3,14$		$0,828 \text{ V}$

451. 0,669 V	476. pH=1.478	496. 3 min 31.3 sek
452. -0,470 V	477. pH=0.24; pOH=13.76	497. 2.243 A
453. -0.813 V	478. pH=5.637;	498. 0.6296 A
454. -1.70 V	[H <sup>+</sup> ]=2.307·10 <sup>-6</sup> g-	499. 0.2573 A
455. -1.209 V	ion l	500. 96.1 sm <sup>3</sup>
456. -0,303 V	479. pH=1.54; pOH=12.46	501. 75.39 sm <sup>3</sup>
457. -2.44 V	480. c <sub>ion</sub> =1.160·10 <sup>-12</sup> g-	502. 28.97 g
458. -0,413 V	ion l	503. 26 min 6 sek
459. c <sub>Cu<sup>2+</sup></sub> =2,981·10 <sup>-12</sup> g-	481. 36.5 ml HCl	504. 2593 A/sek
ion l	482. 1.967 V	505. 85.17%
460. 0,582 V	483. 5.215 g Cu	506. 187.5 soat
461. -0,365 V	484. 3.242 g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	507. 3 A/dm <sup>2</sup> ; 6 s 1 min 10
462. 2.86 V	485. E <sub>Au</sub> =67	sek
463. 0,829 V	486. E <sub>Cu</sub> =32.17	508. 0.05576 A/sek
464. 0,272 V	487. m <sub>Cu</sub> =1.1852 g:	509. 8863.8 kg
465. Anod: Al <sup>0</sup> - 3e =	m <sub>Pb</sub> = 3.865g:	510. 75%: 16100 kVt/soat
Al <sup>3+</sup> ;	m <sub>Sb</sub> =1.514 g	511. T <sub>HCl/NaOH</sub> =6.53·10 <sup>-4</sup>
katod: Ag <sup>+</sup> + e =	488. 6,03 A	g/ml
Ag <sup>0</sup> : 2.457 V	489. FeCl <sub>2</sub> dan temir	512. 5.501·10 <sup>-3</sup> g/ml
466. 0,7252 V	ko'proq chiqar:	513. 0.466; 0.5340
467. [Ni <sup>+2</sup> ]=3,767·10 <sup>-4</sup> g-	490. m <sub>Sb</sub> =1.108 g SnSl <sub>2</sub>	514. 1.96 g
ion l	dan: m <sub>Sn</sub> =0.554 SnSl <sub>4</sub>	515. 0.43 A/m <sup>2</sup>
468. 0,1867 g-ion/l	dan;	516. 18.84 A
469. -0,7139 V	m <sub>Cl<sub>2</sub></sub> =0.6613 g	517. 125 marta
470. -0,797 V	491. 0,5356 g	518. 1.6·10 <sup>-3</sup> ; 3.52·10 <sup>-4</sup>
471. 0,252 V	492. 7.387 g J <sub>2</sub> : 0.05865 g	519. 0.1414: 0.03519
472. 0,07676 V	H <sub>2</sub>	520. 3 marta
473. -0,059 V: 0.01n KOH	493. 1,752 g	521. 3.2·10 <sup>-4</sup> va 1.92·10 <sup>-4</sup>
eritmasiga tushirilgan	494. m <sub>Cd</sub> =5.283 g:	522. 1.63 l ml/min
elektrod anod	m <sub>O<sub>2</sub></sub> =0.7521 g	523. 41.27 %: L <sub>burchak</sub> =
474. pH=5.069	495. 8 soat 56 min 7 sek	16.43
475. pH=8.744		524. 9 c 2.4 min



525. 8.74 g	552. zarrachalar musbat zaryadli, katodga yo'naladi	564. manfiy zaryadli eng kichik koagulyasiya $AlCl_3$
526. 50418 sek yoki 84.03 min	553. og'zaki	565. musbat zaryadli. $AlCl_3$ ko'proq olinadi
527. 6900 sek yoki 115 min	554. zarrachalar manfiy zaryadli	566. ikki valentli ionni koagullash xossasi
528. a) 25%; b) 33.3; v) 38%; e) 100%	555. og'zaki	53.7 marta ko'p
529. $K=0,0383$ ; 2-tartibli	556. og'zaki	bo'ladi
530. 0,07 ml/l	557. zarrachalar manfiy zaryadli	567. 1:69,5:537,5
531. 12 marta	558. $As_2S_3$ m,n $HS^-$ n - $x \cdot H^+ - xH^+$ mitsella	568. og'zaki
532. $2,82 \cdot 10^{-1}$	manfiy zaryadli	569. og'zaki
533. 1,87	559. $Cu_2[Fe(CN)_6]_{m,n}[Fe(CN)_6]_n$ boshlanishi (mg-ekv/l): $KCl=95,8$ ;	570. koagulyasiyani
534. 1,023 min 99.97 min	4 n - $x K^+ - 4 \cdot 4xK^+$	$Na_2SO_4=3,865$ ;
535. 104.7 min	560. $(Sm) \cdot nHS^-$ n - $x \cdot H^+ - xH^+$ zolni olinishi kondensatsiya usuliga kiradi	$Na_3PO_4=0,272$
536. $5,9 \cdot 10^1$	561. og'zaki	zarracha musbat zaryalangan
537. 1 milliard marta	562. zol manfiy zaryadlanadi	571. 67,2 mg.
538. 0,164 min 162,8 sek	563. zol manfiy zaryadlanadi.	572. og'zaki
539. $\gamma = 2$	$P_{KCl} = 0,0039$ ;	573. $1,666 \cdot 10^{-5}$ m/sek
540. $\gamma=3$	$P_{KNO_2} = 0,003846$ ;	574. $3646 \cdot 10^{-5}$ m/sek
541. 25°C yoki 298 K	$P_{Ba(NO_3)_2} = 0,167$ ;	575. ~100 V/m
542. 0,03; 0,0672 mol-l/min	$P_{Sr(NO_3)_2} = 0,1428$ ;	576. 41,96 mV
543. $\gamma = 1,83$ ; $E=40,66$ kJ/mol	$P_{Al(NO_3)_3} = 14,9$	577. 55,82 mV
544. 104,8 kJ/mol		578. 51,13 mV
545. 189,9 kJ/mol; 0,1017		579. 48,73 mV
546. 197,5 kJ/mol		580. 23,31 mV
547. $K = 0,07615$		581. $2,15 \cdot 10^{-5}$ m/sek
548. $K = 0,1005$		582. 0,235 B
549. a) 214 kJ/mol 0,114; b) 112 kJ/mol 31,7 · 10 <sup>-3</sup>		583. 0,42 B
550. 350 K		
551. $K=16,37 \cdot 10^{-2}$		

584.  $\zeta=2,73 \cdot 10^3 B$
585.  $v=1,556 \cdot 10^{-5} m/sek$
586.  $\zeta=3,88 \cdot 10^{11} B$
587.  $v=207,9 \cdot 10^{-11} m/sek$
588.  $\zeta=5,23 \cdot 10^{11} B$
589.  $\zeta=5,06 \cdot 10^4 B$
590.  $v=3,35 \cdot 10^{-10} m/sek$
591.  $E=6,62 \cdot 10^{-3} B$
592.  $\zeta=1,48 \cdot 10^{12} B$
593.  $P=6,14 \cdot 10^{10} N/m^2$
594.  $E=4 \cdot 10^{-2} B$
595.  $E=4 \cdot 10^{-6} B$
596.  $\sigma_{naf}=3,226$
597.  $\sigma_{sp_1}=50,755 \cdot 10^{-3} N/m$   
 $\sigma_{sp_2}=36,56 \cdot 10^{-3} N/m$   
 $\sigma_{sp_3}=26,45 \cdot 10^{-3} N/m$
598.  $\sigma_{ats}=23,05 \cdot 10^{-3} N/m$
599.  $r=0,3795 m$
600.  $r=0,04932 m$
601.  $\sigma_{atsetiltlorid}=25,86 \cdot 10^{-4} N/m;$   
 $\sigma_{atset}=21,27 \cdot 10^{-4} N/m;$   
 $\sigma_{ats.k.} 1,22 martaga$   
 $o'zgaradi$
602.  $\sigma_{simob}=2,18 \cdot 10^{-2} N/m$
603.  $\sigma_{CHCl_3}=26,89 \cdot 10^{-3} N/m$
604.  $\sigma_{Hg}=470,1 \cdot 10^{-3} N/m$
605.  $S_{sol}=1457,73 m$
606.  $r=0,25 \cdot 10^{-6} m;$   
 $S_0=4800 m$
607.  $S_0=4444,4 m$
608.  $S_0=4166,67 m$
609.  $\sigma=6,625 \cdot 10^{-5} N \cdot m$
610.  $\sigma_{an}=43,96 \cdot 10^{-3} N \cdot m$
611.  $S=2,82 \cdot 10^6 sm$
612.  $S=142,5 sm$
613.  $n=6,53 \cdot 10^{22} dona$
614.  $S_{um}=5 \cdot 10^5 sm$
615.  $n=4,85 \cdot 10^{29} dona$
616.  $S_{um}=2,9 \cdot 10^3 m^2;$   
 $145 \cdot 10^4 m^2$
617.  $n=3,444 \cdot 10^{13} dona$
618.  $\sigma_{gl}=66,253 \cdot 10^{-3} N \cdot m$
619.  $\Gamma=4,3 \cdot 10^{-12} kmol/m^2$
620.  $\Gamma=6,8 \cdot 10^{-10} kmol/m^2$
621.  $\Gamma_1=2,15 \cdot 10^{-10} kmol/m^2;$   
 $\Gamma_2=5,36 \cdot 10^{-9} kmol/m^2$
622.  $\Gamma_1=9,459 \cdot 10^{-11} kmol/m^2;$
623.  $\Gamma_2=8,1 \cdot 10^{-10} kmol/m^2$
624.  $\Gamma=2,31 \cdot 10^{-11} kmol/m^2;$
625.  $\Gamma=5,95 \cdot 10^{-9} kmol/m^2$
626.  $v_2=0,00956 m^3/kg$
627.  $\Gamma=7,03 \cdot 10^{-9} kmol/m^2$
628.  $\Gamma=3,89 \cdot 10^{-2} kmol/m^2$
629.  $\Gamma_1=18,2; \Gamma_2=18,2 kmol/m^2$
630.  $r=1,811 \cdot 10^{-4}$
631.  $l=0,113 \cdot 10^{-10}$
632.  $6,772 \cdot 10^{-5}$
633.  $6,87$
633.  $J_1=1,69; J_2=0,0531$
634.  $J=2,4614$
635.  $r_2=31,58 \cdot 10^{-9}$
636.  $r_2=39,11 \cdot 10^{-9}$
637.  $r=8,42 \cdot 10^{-7}$
638.  $r=1,548 \cdot 10^{-5}$
639.  $r=2,49 \cdot 10^{-7}$
640.  $l=1,25 \cdot 10^{-20}$
641.  $\tau=927,18 sek$
642.  $\eta_{org.suyuq.}=1,19 \cdot 10^{-3} N \cdot sek/m^2$
643.  $\eta_{yog.}=6,18 \cdot 10^{-3} N \cdot sek/m^2$
644.  $\eta=2,94 \cdot 10^{-3} N \cdot sek/m^2$
645.  $0,7 marta$
646.  $0,5 marta$
647.  $15,03 \cdot 10^{-20} m^3/sek$
648.  $\eta_{gl}=0,935 N \cdot sek/m^2$
649.  $\tau=7,68 sek$
650.  $x_1=1,08 \cdot 10^{-4} m/sek;$   
 $x_2=1,08 \cdot 10^{-3} m/sek;$
651.  $\Delta x=4,15 \cdot 10^{-4} m$
652.  $0,25 \cdot 10^{-2} m$
653.  $\Delta x=8,1 \cdot 10^{-6} m$
654.  $D=1,06 \cdot 10^{-8} m^2/sek$
655.  $D=3,53 \cdot 10^{-9} m^2/sek$
656.  $D=6,1 \cdot 10^{-9} m^2/sek$
657.  $D=5,97 \cdot 10^{-7} m^2/sek$
658.  $U_1=0,21 m/sek;$   
 $U_2=121,1 \cdot 10^{-7} m/sek$
659.  $U=4,645 \cdot 10^{-5} m/sek$

660.  $U=1,683 \cdot 10^{-11} \text{ m/sek}$

661.  $\pi_{osm}=5,03 \cdot 10^{31} \text{ N/m}^2$

662.  $\pi_{osm}=2,24 \cdot 10^{21} \text{ N/m}^2$

663.  $\pi_1=5,95 \cdot 10^{26} \text{ N/m}^2$ ;

$\pi_2=5,95 \cdot 10^{32} \text{ N/m}^2$

664.  $\pi_{osm}=1,45 \cdot 10^{24} \text{ N/m}^2$

665.  $\pi_1=2,2 \cdot 10^{25} \text{ N/m}^2$

$\pi_2=3,57 \cdot 10^{24} \text{ N/m}^2$

## **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. T. Xoldorova. Fizik va kolloid ximiyadan masala va mashqlar.–T.: O‘qituvchi, 1993.
2. Eremin V.V., Kargov S.I., Uspenskaya I.A., Kuzmenko N.E., Lunin V.V. Osnovy fizicheskoy ximii. Teoriya i zadachi. –M.: Ekzamen, 2006
3. A.I.SHutova, Zadachnik po kolloidnoy ximii, – M.: Vysshaya shkola, 1966
4. Mixeeva E.V., Astashkina A.P. Sbornik zadach po fizicheskoy i kolloidnoy ximii. Tomsk: izd-vl TPU. 2012
5. Praktikum i zadachnik po kolloidnoy ximii po red. Nazarova V.V., Grodskogo A.S.: –M.: Vysshaya shkola. 2007
6. X.R.Rustamov. Fizik kimyo. – T.: O‘qituvchi, 2000
7. Ravdel A.A., Ponomareva A.M. Kratkiy spravochnik fiziko-ximicheskix velichin. SPb: “Ivan Fedorov”, 2003
8. Glinka N.L. Zadachi i uprajneniya po obshchey ximii. Leningrad. Ximiya.1987
9. Boboev T.M., Raximov X.R. Fizikaviy va kolloid kimyo. –T.: O‘qituvchi. 2004
10. Muftaxov A.G. Kimyodan olimpiada masalalari va ularning echimlari. –T.: O‘qituvchi, 1993
11. Klimov N.N., Filko A.N.. Sbornik zadach i voprosov po fizicheskoy i kolloidnoy ximii. –M.: Prosvetshenie,1983
12. Dobyichin D.P. Kadaner L.N. Serpinskiy V.V., Burkat T.M., Ganelina E.N., Lobov B.N. Fizicheskaya i kolloidnaya ximiya. –M.: Prosvetshenie.1986

## **Qo‘shimcha adabiyotlar**

1. 500 zadach po ximii. –M.: Prosvetshenie,1977
2. Goldfarb va boshqalar. Kimyodan masala va mashqlar to‘plami. –T.: O‘qituvchi, 1990
3. Sovetskiy ensiklopedicheskij slovar. Glavny redaktor Proxorov A.M. – M.: Sovetskaya ensiklopediya,1985
4. Spravochnik ximika. I tom. –M.: Gosximizdat, 1963

# Mundarija

<b>Muqaddima</b> .....	3
------------------------	---

## FIZIKAVIY KIMYO

<b>I bob. Gaz qonunlari</b> .....	4
1. Ideal gaz qonunlari.....	4
2. Ideal gaz holati tenglamasi.....	10
3. Gaz hajmini berilgan sharoitga keltirish.....	16
4. Gaz molekularining harakat tezliklari .....	19
5. Real yoki noideal gazlar .....	22
6. Gazlar aralashmasi. Dalton qonuni.....	27
<b>II bob. Termodinamika asoslari. Termokimyo</b> .....	37
1. Moddalarning issiqlik sig'implari .....	37
2. Termodinamikaning I-qonuni.....	48
3. Termokimyo. Gess qonuni.....	56
4. Moddalarning erish issiqligi.....	59
5. Organik moddalarning yonish issiqligi.....	61
6. Kimyoviy reaksiyaning issiqlik samarasini haroratga bog'liqligi. Kirxgof qonuni.....	67
7. Termodinamikani II qonuni. Entropiya.....	74
8. Termodinamik potentsiallar.....	80
9. Kimyoviy muvozanat konstantasi.....	85
10. Kimyoviy reaksiyalarning izotermik tenglamalari.....	92
11. Kimyoviy muvozanat konstantasini haroratga bog'liqligi. Muvozanatni siljishi.	
Le-SHatele – Braun prinsipi.....	100
<b>III bob. Fazalar muvozanati</b> .....	106
1. Fazalar qoidasi. Fazalarning holat diagrammalari asosida hisoblashlar..	106

2. Bir komponentli sistemalarda fazalar muvozanati.....	111
<b>IV bob. Eritmalar termodinamikasi.....</b>	<b>117</b>
1. Eritmalar konsentratsiyasini ifodalash.....	117
2. Eritmalarning bug' bosimi. Raul qonuni.....	126
3. Moddalarning aktivligi va uchuvchanligi.....	130
4. Binar eritmalarda eritma va bug' orasidagi muvozanat. Ebulioskopiya .....	135
5. Binar eritmalarda eritma–qattiq modda muvozanati. Krioskopiya .....	139
6. Eritmalarning osmotik bosimi. ....	144
7. Suyuq aralashmalarning bug' bosimi va ularni haydalishi .....	148
8. Bir–birida aralashmaydigan suyuqliklar orasida moddalarni taksimlanish koeffitsienti.....	154
9. Gazlarning suyuqliklarda eruvchanligi. Genri qonuni.....	159
<b>V bob. Elektrolitlar.....</b>	<b>165</b>
1. Elektrolit eritmalarda muvozanat. Elektrolitlarni dissotsilanishi.....	165
2. Kuchsiz elektrolitlarni dissotsilanish konstantasi. Vodorod ko'rsatkich. Bufer eritmalar.....	174
3. Elektrolitlarning aktivligi.....	181
4. Elektrolitlarni elektr o'tkazuvchanligi. Suyultirish qonuni.....	185
<b>VI bob. Elektrokimyo.....</b>	<b>200</b>
1. Galvanik element, elektr yurituvchi kuch (EYUK) va elektrod potensiallari.....	200
2. Elektroliz. Elektroliz qonunlari .....	213
<b>VII bob. Kimyoviy kinetika.....</b>	<b>225</b>
1. Massalar ta'siri qonuni. Birinchi va ikkinchi tartibli reaksiyalar.....	225
2. Kimyoviy reaksiya tezligiga haroratning ta'siri Arrenius qonuni.....	232

## KOLLOID KIMYO

<b>I-bob. Kolloid eritmalar</b> .....	239
1. Kolloid eritmalarining tuzilishi.....	239
2. Koagulyasiya.....	244
<b>II bob. Kolloid sistemalarining elektrokinetik xossalari</b> .....	248
1. Elektroforez va elektroosmos hodisalari.....	248
<b>III-bob. Sirt xodisasi</b> .....	256
1. Sirt taranglik.....	256
2. Adsorbsiya. Fazalar chegarasidagi adsorbsiya.....	261
<b>IV-bob. Kolloid sistemalarining optik xossalari</b> .....	268
<b>V-bob. Kolloid sistemalarining reologik xossalari. Qovushqoqlik (yopishqoqlik)</b> .....	276
<b>VI-bob. Kolloid sistemalarining molekulyar–kinetik xossalari</b> .....	283
llovalar.....	291
Masalalarni javoblari.....	305
Adabiyotlar adabiyotlar.....	316
Qo'shimcha adabiyotlar.....	316

**T.Xoldarova, J.Haydar**

# **FIZIKAVIY VA KOLLOID KIMYODAN MASALALAR**

Muharrir: **X.Po'latxo'jayev**  
Rassom: **D.O'rinova**  
Sahifalovchi: **Z. Shukurxo'jayev**  
Musahhah: **B.Tuyoqov**

Nashriyot litsenziyasi AI № 190, 10.05.2011-y  
Bosishga 11.10.2015-yilda ruxsat etildi.  
Qog'oz bichimi 60×84 1/16. Nashr tabog'i 20,0.  
Shartli bosma taboq 20.5. Shartnoma 35/19. Adadi 500  
Buyurtma №35-19

«TAFAKKUR BO'STONI» nashriyoti.  
Toshkent sh. Yunusobod tumani, 9–13.

«TAFAKKUR BO'STONI» MCHJ bosmaxonasida  
chop etildi.  
Toshkent sh. Chilonzor ko'chasi. 1-uy