

**S.N. Aminov
M.M. Qurbonova
M.M. Raxmatullayeva**

**”FIZIK VA KOLLOID
KIMYO FANIDAN
MASALALAR TO’PLAMI”**



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI SOG'IQNI
SAQLASH VAZIRLIGI
TIBBIY TA'LIMNI RIVOJLANTIRISH MARKAZI
TOSHKENT FARMATSEVIKA INSTITUTI**

**S.N. Aminov, M.M. Qurbonova
M.M. Raxmatullayeva**

**"FIZIK VA KOLLOID KIMYO FANIDAN
MASALALAR TO'PLAMI"**

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tibbiyot va farmatsevtika oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanmasi sifatida tavsiya etgan



TOSHKENT - 2011

Taqrizchilar:

A.A. Karimov - Organik va biologik kimyo kafedrası mudiri, professor

A.S. Sidiqov - Toshkent kimyo texnologiya instituti, "Umumiy kimyo"
kafedrasining dotsenti

Mazkur masalalar to'plami tibbiyot va farmatsevtika institutlari uchun qabul qilingan o'quv dasturiga muvofiq tuzilgan.

Bu qo'llanma talabalarni fanni chuqur o'zlashtirishlari uchun zamin yaratadi, mustaqil fikrlash, fan nuqai nazaridan fikr yuritish qobiliyatini shakllantiradi.

Mundarija

I - BO'LIM.....	6
Kimyoviy termodinamika.....	
Termodinamikaning I qonuni.....	
II - BO'LIM.....	23
Termodinamikaning ikkinchi qonuni.....	
Entropiya. Termodinamik potentsiallar.....	
III - BO'LIM.....	30
Fazalararo muvozanat termodinamikasi.....	
Gibbsning fazalar qoidasi.....	
IV - BO'LIM.....	42
Suyultirilgan eritmalarining xossalari.....	
Eritmalar konsentratsiyasi.....	
V – BO'LIM.....	55
Konovalov qonunlari.....	
Suyuqliklar aralashmasini haydash.....	
VI – BO'LIM.....	68
Taqsimlanish qonuni. Ekstraksiya.....	
VII – BO'LIM.....	80
Elektrolit eritmalarining elektr o'tkazuvchanligi.....	
VIII - BO'LIM.....	95
Kimyoviy kinetika.....	
Kimyoviy reaksiyalar tezligi.....	
IX - BO'LIM.....	112
Sathdagi hodisalar.....	
X - BO'LIM.....	124
Dispers sistemalar.....	
XI - BO'LIM.....	
Kolloid sistemalarining elektrokinetik xossalari.....	138
XII - BO'LIM.....	148
Kolloid sirt - aktiv moddalar.....	148

MUQADDIMA

“Inson shaxs bo’lib
tug’ilmaydi, shaxs bo’lib
shakllanadi”

I. A. Karimov

Mustaqil O‘zbekiston Respublikasida yosh avlodning har tomonlama etuk shaxs bo’lib etishishiga katta sa’i harakatlar qilinmoqda; 2010- yilni “Barkamol avlod yili” deb nomlanishi buning yorqin dalilidir.

Prezidentimiz I.A. Karimov tashabbusi bilan ishlab chiqilgan “Ta’lim to’g’risida” gi qonun, “Kadrlar tayyorlash milliy dasturi”da ma’naviy – axloqiy, aqliy va jismoniy jihatdan barkamol shaxsni tarbiyalashni ta’minlaydigan uzluksiz ta’lim tizimini yaratish nazarda tutilgan [1,2].

Mamlakat ravnaqi uchun puxta zamin tayyorlashda ertangi kelajagimiz, tayanchimiz bo’lgan avlodlarni yetuk barkamol shaxs qilib voyaga etkazishda ular uchun hozirgi kunimizni aks ettiradigan, jahon standartlariga javob beradigan yangi avlod darsliklarini, o’quv qo’llanmalarini yaratish zarur. “Fizik va kolloid kimyo fanidan masalalar to’plami” keng qamrovli o’quv qo’llanmasida fizik va kolloid kimyo faniga oid nazariy bilimlar muxtasar tarzda bayon etilgan bo’lib, O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o’rta maxsus ta’lim vazirligining bakalavriatining 5720500 – farmatsiya va 5720700 - sanoat farmatsiyasi yo’nalishlari dasturlaridagi mavzularni muvaffaqiyatli o’zlashtirish uchun masalalar, mashqlar keltirilgan.

Bu qo’llanma birinchidan fanni chuqur o’zlashtirishga zamin yaratsa, ikkinchidan talabalarda ilmiy dunyoqarashni, mustaqil ishlashga ehtiyojni shakllantiradi, uchunchidan o’qitish jarayonida ularda mustaqil fikrlash, fan nuqtai nazaridan fikr yuritish qobiliyatini rivojlantiradi.

Qo’llanmadagi barcha masalalar uchta toifaga bo’lingan oddiy, o’rtacha va murakkab; shuning uchun ulardan turli bilim darajasidagi talabalar foydalanishi mumkin.

Bunday qo'llanmani tuzishga bizni shu narsa undadiki, oxirgi vaqtda O'zbekiston Oliy ta'lim muassalarida talabalar bilimini attestatsiyalashni yozma tarzda o'tkazish tizimi kengaymoqda. Dastlabki talabalar bilimini baholash jarayoni ko'pchilik talabalarni mustaqil masalalar yechishni bilmasligini ko'rsatdi. O'ylaymizki, bu kitob talabalarni fizik va kolloid kimyo fanidan masalalar yechishga, nazariy bilimlarni chuqurroq o'zlashtirishga o'rgatadi.

Kitobda fizik va kolloid kimyo fani bo'yicha 400 ga yaqin masalalar, savollar va mashqlar keltirilgan bo'lib, ular fan dasturidagi barcha bo'limlarga oiddir.

Qo'llanmada Toshkent farmatsevtika institutida fizik va kolloid kimyo fanidan qariyb oxirgi 20 yil ichida foydalanilgan materiallar saralab olingan bo'lib, ulardan o'quv jarayoniga ilg'or pedagogik va axborot texnologiyalarini joriy etilganda ham foydalanish mumkin.

Har bir mavzudan so'ng kitobda o'zini – o'zi nazorat etish va muhokama qilish uchun 10-25 tacha savollar, masalalar, kimyoviy iboralar berilgan bo'lib, ular talabalarni mustaqil ishlashida yuqori samara beradi.

Kitob oxirida keltirilgan fizik va kolloid kimyo fani bo'yicha berilgan glossariy talabalarga tezkorlik bilan fanga oid atamalarni, ayrim ta'rif va qoidalarni bilib olishlariga imkon yaratadi.

Biz kitobni yaratishda foydali maslahatlar bergan, tanqidiy fikrlar bildirgan fizik va kolloid kimyo sohasining mutaxassis olimlariga, taqrizchilarga o'z minnatdorchiligimizni bildirib, bizning harakatlarimizni qo'llab quvvatlaganliklari uchun Toshkent farmatsevtika instituti rahbariyatidan mamnun ekanimizni alohida ta'kidlab o'tamiz.

Ishonamizki, ushbu o'quv qo'llanma talabalarga kimyo fanlarining yakunlovchisi - Fizik va kolloid kimyo faniga bo'lgan qiziqishni kuchaytiradi, fanni o'zlashtirishlariga, chuqurroq o'rganishlariga foyda beradi.

Mualliflar

... Men o'zimning taqdirimni ham, mamlakatimiz va mustaqilligimiz taqdiri va kelajagini ham ana shu yoshlar qiyofasida, ularning pok qalbi, erkin tafakkuri, mustahkam irodasi va dunyoqarashida ko'raman.

I.A. Karimov

I BO'LIM

Kimyoviy termodinamika

Termodinamikaning I qonuni

Termodinamika energiyaning bir turdan boshqa turga o'tishini o'rganadi. Energiyaning saqlanish qonunini ish bajarilishi, issiqlik ajralib chiqishi yoki yutilishi bilan boradigan jarayonlarga qo'llash, termodinamikaning I qonunining mazmunini tashkil etadi. I qonun jarayonda ajralib chiqqan yoki yutilgan issiqlik bilan sistema tomonidan bajarilgan ish va ichki energiya o'zgarishidagi bog'liqlikni ifodalaydi.

Issiqlik – issiqlik o'tkazuvchanlik orqali bir jismdan ikkinchi jismga berilgan energiyadir.

Sistemaga berilgan issiqlik musbat, ajralib chiqqan issiqlik manfiy hisoblanadi. Issiqlikning o'lchov birligi kJ/mol.

Ish – sistema energiyasining tashqi muhitga berilishi bo'lib, uning miqdori berilgan energiya miqdoriga teng. O'lchov birligi joul (J), kJoul (kJ).

Sistema tomonidan tashqi muhitga nisbatan bajarilgan ish musbat, tashqi muhitning sistemaga nisbatan bajargan ishi manfiy qisoblanadi.

Tashqi muhitdan ajratib olingan deb faraz qilingan jism yoki jismlar guruhi sistema deyiladi. Sistemalar har xil bo'ladi. Sistemaning barcha fizikaviy va kimyoviy xossalari yig'indisi uning holatini belgilaydi.

Sistemaning qismlari bir-biridan chegara sirtlari bilan ajralgan va xossalari bilan farq qiladigan bo'lsa, geterogen sistema deyiladi. Sistemaning qismlari chegara sirt bilan ajralmagan va xossalari bir xil bo'lsa, gomogen sistema deyiladi.

Sistema tashqi muhit bilan modda va energiya almasha ochiq, energiya almasha-yu, modda almashmasa yopiq sistema deyiladi.

Tashqi muhit bilan energiya ham, modda ham almashmasa izolirlangan sistema deyiladi.

Termodinamika I qonunining bir nechta ta'riflari bor. Ulardan biri: O'zaro o'zgarishlar vaqtida energiya bir turdan ikkinchi turga qat'iy ekvivalent miqdorda o'tadi, yani izolirlangan sistemaning energiyasi doimiy qiymatdir.

Umumiy holda qaytar jarayonda sistemaga berilgan issiqlik (Q) sistema bajarilgan ish (A) va uning ichki energiyasi o'zgarishiga (ΔU) sarf bo'ladi.

$$Q = \Delta U + A \text{ yoki } Q = \Delta U + P\Delta V$$

ΔU – ichki energiya o'zgarishi

A – kengayish ishi

Ichki energiya sistemaning umumiy energiya zahirasi. Ichki energiya holat funksiyasi bo'lib, uning absolyut qiymati emas, sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda o'zgarishi o'lchanadi.

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Sistema tomonidan bajarilgan ish uning qanday sharoitda olib borilganiga bog'liq.

Izoxorik jarayon (V -const) - Bu jarayonda sistemaning hajmi o'zgarmaydi. Demak, $\Delta V = 0$, bundan $P\Delta V = 0$,

$$Q_v = \Delta U.$$

Izobarik jarayon (P -const). Bunda

$$Q_p = \Delta U + P\Delta V = (U_2 - U_1) + P(V_2 - V_1) = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1) = H_2 - H_1 = \Delta H$$

$$Q_p = \Delta H$$

Izotermik jarayon (T -const). Doimiy haroratda sistemaning ichki energiyasi o'zgarmaydi $\Delta U = 0$.

$$Q_T = A.$$

Adiabatik jarayon (Q -const). Bu jarayonda $Q = 0$. Sistema ichki energiyasi kamayishi hisobiga ish bajariladi.

$$A = -\Delta U$$

Masala yechish namunalari

1- masala. 50 g toluol 30°C da bug`langanida ichki energiyasi o`zgarishini hisoblang. Bunda toluol bug`lari ideal gaz qonunlariga bo`ysunishini va suyuqlik hajmi bug` hajmiga nisbatan juda kichikligini hisobga oling. Toluolning yashirin bug`lanish issiqligi 347,8 J/mol.

Yechish: Ichki energiya va entalpiya quyidagicha bog`langan:

$$H=U+PV \text{ yoki } \Delta U=\Delta H-P\Delta V$$

$$P\Delta V=nRT \text{ ligini hisobga olib}$$

$$\Delta U=\Delta H-nRT \text{ deb yozish mumkin}$$

Toluolning molekulyar og`irligi-92 g, mollar soni $n=m/M=50/92=0,54$

Ichki energiya o`zgarishini hisoblaganda toluolning umumiy massasi hisobga olinadi.

$$T=273+30=303K$$

$$\Delta U=347,8 \cdot 50 - 0,54 \cdot 8,31 \cdot 303 = 16029J = 16,03 \text{ kJ.}$$

50g toluol 30°C da bug`langanda sistemaning ichki energiyasi 16,03 kJ ga o`zgaradi.

2- masala. 72 g suv qaynash haroratida bug`langanda ichki energiyasi o`zgarishini hisoblang. Suvning normal bosimdagi yashirin bug`lanish issiqligi 44041 J/mol, suv bug`ining solishtirma hajmi 1,699 l/g. Suyuqlik hajmini hisobga olmag.

Yechish: Termodinamikaning I qonuniga binoan $Q=A+\Delta U$, suv bug`ining bosimi atmosfera bosimiga teng (qaynash haroratida). $P=101325 \text{ Pa}$

Jarayon doimiy bosimda sodir bo`lyapti (izobarik jarayon).

$$A_p = P(V_{\text{bug}} - V_{\text{suyuq}}) = P V_{\text{bug}} \quad V_{\text{bug}} \gg V_{\text{suv}} \text{ bo`lgani uchun}$$

$$A = 101,325 \cdot 1,699 \cdot 10^{-3} \cdot 18 = 3098,72 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - A = 72/18(44041 - 3098,78) = 163,8 \text{ kJ}$$

ΔU musbat shuning uchun bug`lanishda yutilayotgan issiqlik ichki energiyaning ortishiga sarf bo`ladi.

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad U_2 > U_1$$

3 - masala. 10 g toluol bug`langanda bajarilgan ish, issiqlik miqdori, ichki energiya va entalpiya o`zgarishlarini hisoblang. Toluolning qaynash harorati 383 K,

solishtirma bug`lanish issiqligi 336 kJ/mol. Bug`ni ideal gaz deb hisoblab, suyuqlik hajmini hisobga olmang.

Yechish: Toluol doimiy bosimda bug`lanadi, shuning uchun entalpiya o`zgarishi bug`lanish issiqligiga teng.

$$Q_p = \Delta H = n l_{\text{bug}} = \frac{m}{M} l_{\text{bug}}$$

l_{bug} - solishtirma bug`lanish issiqligi, n - mollar soni, m - massasi, M - molekulyar og`irligi - 92g

$$\Delta H = \frac{10}{92} \cdot 33,6 = 3,65 \text{ kJ} = 3,65 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Izobarik jarayonda bajarilgan ish

$$A_p = P(V_{\text{bug}} - V_{\text{suyuq}}) = P \cdot V_{\text{bug}} \quad V_{\text{bug}} \gg V_{\text{sub}} \text{ bo'lgani uchun}$$

$$A_p = PV_{\text{bug}} = nRT = \frac{10}{92} \cdot 8,31 \cdot 383 = 346 \text{ J}$$

Entalpiya o'zgarishi ΔH_{ni}

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V = \Delta U + PV_{\text{bug}}, \text{ bo'yicha hisoblasak,}$$

$$\Delta U = \Delta H - PV_{\text{bug}} = \Delta H - nRT = 3650 - 346 = 3304 \text{ J}$$

4 - masala. 0,8 m³ vodorodning 20°C da bosimi 84800 Pa. Qizdirilganda gaz 3,6 m³ hajmini egalladi. Bu vaqtda qancha ish bajariladi?

Yechish: Izobarik jarayonda bajarilgan ish

$$A_p = P(V_2 - V_1) = 84800 (3,6 - 0,8) = 237440 \text{ J} = 237,44 \text{ kJ}$$

5 - masala. 30 l ideal gaz 96460 Pa, 24°C da izotermik siqildi. Gaz hajmi 5 marta kamayganda qancha issiqlik ajraladi?

Yechish: Izotermik jarayonda bajarilgan ish

$$A_t = Q_t = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = 2,303 \cdot nRT \lg \frac{V_2}{V_1};$$

Mollar sonini ideal gaz holat tenglamasidan aniqlaymiz:

$$PV = nRT \quad n = \frac{PV}{RT} = \frac{96460 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 297} = 1,17 \text{ mol}$$

$$\text{Bundan } Q_t = 2,303 \cdot 1,17 \cdot 8,31 \cdot 297 \lg \frac{6}{30} = 6653,44 \lg 0,2 = -4650,75 \text{ J} = -4,65 \text{ kJ}$$

6 - masala. 0°C dan 1350°C gacha qizdirilganda 50 kg suyuq misning entalpiyasini hisoblang. Bunda a) misning yashirin suyuqlanish issiqligi $l_c=206$ kJ/kg;

b) Suyuq misning solishtirma issiqlik sig'imi 0,494 kJ/kg-grad;

v) $T_{\text{suyuq}}=1084^\circ\text{C}$

g) qattiq misning 0-1084°C orasidagi haqiqiy issiqlik sig'imi

$$C_q=0,382+1,13 \cdot 10^{-4} \cdot t$$

Yechish: 1350°C dagi suyuq misning entalpiyasini quyidagicha topamiz:

$$\Delta H_{\text{Cu}} = \Delta H_1 + I_{\text{suyuq}} + \Delta H_2 \quad (\text{misning massasi hisobga olinadi})$$

ΔH_1 - qattiq misning 0°C dan suyuqlanish harorati 1084°C gacha qizdirilgandagi entalpiyasi;

I_{suyuq} - yashirin suyuqlanish issiqligi;

ΔH_2 - misni suyuqlanish haroratidan 1350°C gacha qizdirilgandagi entalpiyasi;

$\Delta H = C_q dt$ tenglamani integrallaymiz

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= 50 \int_0^{1084} (0,382 + 1,13 \cdot 10^{-4} t) dt = 50 \left[\int_0^{1084} 0,382 dt + \int_0^{1084} 1,13 \cdot 10^{-4} t \right] = \\ &= 50 \left[0,382 \cdot 1084 + 1,13 \cdot 10^{-4} \frac{(1084)^2}{2} \right] = 27343,45 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$I_{\text{suyuq}} = 50 \cdot 206 = 10300 \text{ kJ.}$$

ΔH_2 ni hisoblashda $\Delta H = C_{\text{suyuq}} \Delta t$ tenglamadan foydalanamiz.

$$\Delta H_2 = 50 \cdot 0,494 (1350 - 1084) = 6570,2 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{\text{Cu}} = \Delta H_1 + I_{\text{suyuq}} + \Delta H_2 = 27343,45 + 10300 + 6570,2 = 44213,65 \text{ kJ}$$

7-masala. Hajmiy ulushlari 30% va 70% bo'lgan CO va CO₂ dan iborat 100 mol gazlar aralashmasini 200°C dan 800°C gacha qizdirish uchun qancha issiqlik kerak?

$$\Delta H_{\text{CO}_2}^{200} = 8120 \text{ J/mol} \quad \Delta H_{\text{CO}_2}^{800} = 38000 \text{ J/mol}$$

$$\text{Yechish: } H_{\text{aral}} = \frac{1}{100} (a\Delta H_1 + b\Delta H_2 + c\Delta H_3 + \dots)$$

$$\Delta H_{\text{aral}}^{200} = \frac{1}{100} (30 \cdot 5840 + 7 \cdot 8120) = 7436 \text{ J}$$

$$\Delta H_{\text{aral}}^{800} = \frac{1}{100} (30 \cdot 24900 + 70 \cdot 38000) = 34070 \text{ J}$$

$$\Delta H = \Delta H_{\text{moli}}^{800} - \Delta H_{\text{moli}}^{200} = 34070 - 7436 = 26634 \text{ J}$$

Aralashmani 200°C dan 800°C gacha qizdirish uchun 26634 J issiqlik kerak ekan.

8 - masala. $\text{CH}_3\text{CHO}_{(\text{gaz})} + \text{H}_{2(\text{gaz})} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{suyuqlik})}$ reaksiya 298K da sodir bo'lsa, doimiy bosim va hajmlardagi issiqlik effektlari orasidagi farq ($Q_p - Q_v$) ni hisoblang. Haroratni 400K ga ko'tarib spirtni gaz holatga o'tkazsak, bu farq nimaga teng bo'ladi?

Yechish: Doimiy bosim va hajmlardagi issiqlik effektlari orasidagi farqni hisoblash uchun quyidagi tenglamadan foydalanamiz.

$$Q_p - Q_v = \Delta nRT$$

Ushbu reaksiya uchun $\Delta n = 0 - 1 - 1 = -2$

$$(Q_p - Q_v)_{298} = -2 \cdot 8,31 \cdot 298 = -4956 \text{ J}$$

400K da $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ gaz holatda bo'ladi

$$\Delta n = 1 - 1 - 1 = -1$$

$$Q_p - Q_v = -1 \cdot 8,31 \cdot 400 = -3325,6 \text{ J}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

- 200g benzol 20°C da bug'langanda ichki energiyasi o'zgarishini hisoblang. Benzolning molyar bug'lanish issiqligi 30,92 kJ/mol. Benzol bug'lari ideal gaz qonunlariga bo'ysunadi deb hisoblang. Suyuq benzol hajmi bug' holatdagi benzolning hajmidan ancha kichik bo'lganligi $V_b \gg V_s$ uchun suyuqlik hajmi uni hisobga olmang.
- 50g spirt qaynash haroratida bug'langanda ichki energiya o'zgarishini aniqlang. Solishtirma bug'lanish issiqligi 857,7 J/g, bug'ning solishtirma hajmi 100°C da $607 \cdot 10^{-3}$ l/g. Suyuqlik hajmini hisoblang.
- 100g suv 20°C da bug'langanda ichki energiya o'zgarishini hisoblang. Suvning solishtirma bug'lanish issiqligi 2451 J/g. $V_b \gg V_s$. Suv bug'lari ideal gaz qonunlariga bo'ysunadi deb hisoblang.
- Ideal gazning hajmi 298K da o'zgarmas haroratda 1,5 l dan 10 l ga kengaytirildi. Bunda $9,66 \cdot 10^5$ J issiqlik sarf bo'ldi. Bu yarayonda necha mol gaz ishtirok etdi?

5. 90g suv 100°C da bug'langanda ichki energiya o'zgarishi 188,1 kJ ga teng. Suv bug'ining solishtirma hajmi 1,699 l/g, bosimi $1,0133 \cdot 10^5$ Pa. Suv bug'ining hosil bo'lish issiqligini hisoblang.
6. 290K da 110g uglerod (IV)-oksidning hajmi 50 l dan 175 l gacha kengayganda bajarilgan ishni hisoblang.
7. 2 mol ideal gazni doimiy bosimda qizdirilganda 5000 J ish bajarildi. Ushbu jarayondagi ichki energiya va entalpiya o'zgarishini hisoblang. $C_v = 2,5R$
8. 0°C da 100g uglerod (II)-oksid CO ning hajmi 50 l dan 10 l gacha siqilganda ajralib chiqqan issiqlik miqdorini hisoblang.
9. Hajmiy ulushlari 20% uglerod (II)-oksid CO va 80% uglerod (IV)-oksid CO₂ dan iborat 100 kmol gazlar aralashmasini normal bosimda 100°C dan 700°C gacha qizdirish uchun qancha issiqlik sarf bo'ladi?
10. Quyidagi jarayonlarda $Q_p = -\Delta H$ va $Q_v = -\Delta U$ lar orasidagi farqlarni hisoblang.
 - a) $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$ T = 298K da
 - b) $CH_3COOC_2H_5 \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$ T = 298K da
 - v) $1/2N_2 + 3/2H_2 \rightarrow NH_3$ T = 673K da
 - g) $C + 2H_2 \rightarrow CH_4$ T = 1073K da

Termokimyo. Gess qonuni.

Jarayonlarning issiqlik effektini o'rganadigan bo'lim termokimyo deb ataladi.

Issiqlik effekti deb, o'zgarmas bosim – o'zgarmas harorat ($P, T - \text{const}$) yoki o'zgarmas hajm – o'zgarmas haroratda ($V, T - \text{const}$) boradigan qaytmas jarayonda ajralib chiqqan yoki yutilgan issiqlik miqdoriga aytiladi. Termokimyoda sistemadan ajralib chiqqan issiqlik musbat (+Q), yutilgan issiqlik manfiy (-Q) hisoblanadi. Termokimyoda issiqlik effekti ΔH bilan belgilanadi va bundan $\Delta H = -Q_p$.

Termokimyoning asosiy qonuni Gess tomonidan ta'riflangan: Jarayonning issiqlik effekti uni qaysi usulda olib borishga bog'liq bo'lmay reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning boshlang'ich va oxirgi holatlariga bog'liq.

Issiqlik effekti tajribada o'lchanadi yoki hisoblash yo'li bilan topiladi. Bunda reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning standart hosil bo'lish yoki yonish issiqlik effektlaridan foydalaniladi. Ular jadvallarda beriladi.

$$\Delta H_{r-iia}^0 = \sum \Delta H_{h/b \text{ mahc}}^0 - \sum \Delta H_{h/b \text{ dast moddalar}}^0$$

$$\Delta H_{r-iia}^0 = \sum \Delta H_{\text{yon dast moddalar}}^0 - \sum \Delta H_{\text{yon mahc}}^0$$

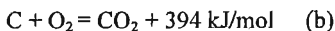
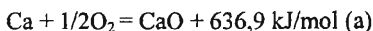
Issiqlik effekti 1 mol modda uchun kJ/mol birlikda hisoblanadi. Gess qonunidan foydalanib, kimyoviy reaksiyalarning issiqlik effektlarini hisoblab topish mumkin.

Masala yechish namunalari.

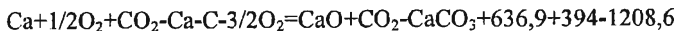
1 - masala. Kaltsiy karbonatning parchalanish reaksiyasi issiqlik effektini hisoblang.



Mahsulotlarning hosil bo'lish issiqliklari quyidagicha:



Yechish: I usul. Berilgan termokimyoviy reaksiyalarni kombinatsiyalaymiz. Buning uchun (a) va (b) tenglamalarni qo'shib, (v) tenglamani ayiramiz.



qisqartirsak,



II usul. Gess qonunidan kelib chiqadigan 1-xulosadan foydalanamiz.

$$\Delta H_x = \sum (n\Delta H_{h/b}^0)_{\text{oxirgi mahc.}} - \sum (n\Delta H_{h/b}^0)_{\text{boshl. mahc.}}$$

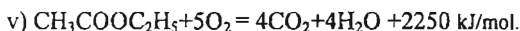
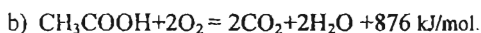
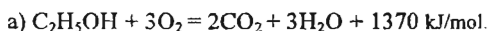
$$\Delta H = (\Delta H_{h/b}^{\text{CaO}} + \Delta H_{h/b}^{\text{CO}_2}) - \Delta H_{h/b}^{\text{CaCO}_3} = -636,9 - 394 + 1208,6 = 177,7 \text{ kJ/mol}$$

2- masala. Etilatsetat hosil bo'lish $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ reaksiyasining standart issiqlik effektini hisoblang. Etil spirt, sirka kislotasi va

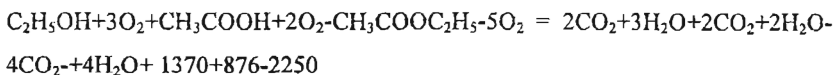
etilsetatning yonish reaksiyalari standart issiqlik effektlari -1370 kJ/mol, 876 kJ/mol, 2250 kJ/mol.

Yechish: Ushbu reaksiyalarning issiqlik effektini bir necha usul bilan hisoblash mumkin:

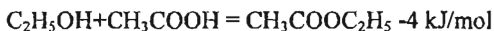
Reaksiyada ishtirok etuvchi moddalarning temokimyoviy reaksiyalari:



Berilgan temokimyoviy reaksiyalarni kombinatsiyalaymiz va reaksiyada ishtirok etmaydigan kislorod va uglerod (IV)-oksidni qisqartirib yuboramiz. Buning uchun (a) va (b) tenglamalarni qo'shib (v) tenglamani ayiramiz.



Qisqartirishlardan so'ng quyidagilar hosil bo'ladi:



$$Q = -4$$
 kJ/mol.

2. Gess qonunining 2- xulosasini tadbiiq etamiz:

$$\Delta H_x = \sum(n\Delta H_{yon})_{bosh} - \sum(n\Delta H_{yon})_{ox}$$

$$1. \Delta H = (\Delta H_{yon}^{C_2H_5OH} + \Delta H_{yon}^{CH_3COOH}) - \Delta H_{yon}^{CH_3COOC_2H_5} = -1370 - 876 + 2250 = 4$$
 kJ/mol.

3 - masala. $2Fe + 3/2O_2 = Fe_2O_3$ reaksiyaning $291K$ dagi issiqlik effekti $\Delta H = 823,3$ kJ/mol. Shu reaksiya uchun shu haroratdagi ΔU_v ni aniqlang.

Yechish: Reaksiyada gaz molekulari sonining o'zgarishini aniqlaymiz:

$$\Delta n = 0 - \frac{3}{2} = -\frac{3}{2}$$

$\Delta H = \Delta U - \Delta nRT$ ekanligidan foydalanib

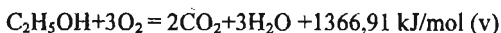
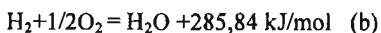
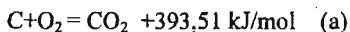
$\Delta U = \Delta H + \Delta nRT$ ni keltirib chiqaramiz:

$$\Delta U = \Delta H = \bar{Q}_p + \Delta nRT = 823,3 - \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 291 = 819,7$$
 kJ/mol

4 - masala. Etil spirtning standart qosil bo'lish issiqligini aniqlang.



Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning standart yonish issiqliklari



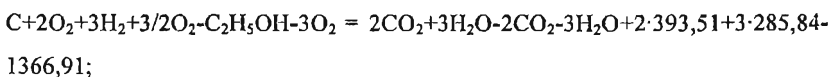
Yechish. 1. Gess qonunining 2-xulosasidan foydalanamiz. Reaksiya tenglamasidagi stexiometrik koeffitsientlarni hisobga olinadi.

$$\Delta H = \Sigma(n\Delta H_{yon})_{bosh} - \Sigma(n\Delta H_{yon})_{ox}$$

$$\Delta H = (2\Delta H_{yon}^C + 3\Delta H_{yon}^{H_2}) - \Delta H_{yon}^{C_2H_5OH} = -2 \cdot 393,51 - 3 \cdot 285,84 + 1366,91 = -277,6$$

kJ/mol

2. Termokimyoviy reaksiyalarni kombinatsiyalab, etil spirt hosil bo'lishida ishtirok etmaydigan uglerod (IV)-oksid va suvni chiqarib tashlaymiz. Buning uchun (a) va (b) tenglamalarni qo'shib, (v) ni ayiramiz. Oldin (a)ni 2 ga, (b)ni 3ga ko'paytirib olamiz.



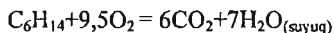
qisqartirishlar va o'zgartirishlardan sung quyidagilar hosil bo'ladi:



Etil spirtning standart hosil bo'lish issiqligi $\Delta H_{298}^0 = 277,6 \text{ kJ/mol}$

5 - masala. Gaz holatdagi geksanning 298K da yonish issiqligini P.Konovlov formulasi bo'yicha hisoblang.

Yechish: V-const da geksanning kalorimetrik bombada yonish issiqligi quyidagi formula bo'yicha boradi:



Konovlov formulasi:

$$\Delta U_{\nu}^{yonish} = 204,2n + 44,4m + x$$

To'yingan uglevodorodlar uchun $x=0$. Geksanning yonish reaksiyasi uchun $n= 19$, $m = 7$. U holda

$$\Delta U_{\nu}^{yon} = 204,2 \cdot 19 + 44,4 \cdot 7 = 419,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_p = \Delta U_{\nu} - \Delta nRT \quad \Delta n = 6 - 1 - 9,5 = -4,5$$

$$\Delta H_p = \Delta U_{\nu} - \Delta nRT = 419,7 + 4,5 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 298 = 4205,3 \text{ kJ/mol}$$

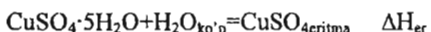
6- masala. CuSO_4 va suvning elementlardan standart hosil bo'lish issiqlari 771 va 286 kJ/mol, gidratlangan tuz $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ning hosil bo'lish issiqligi 2280 kJ/mol, uning erish issiqligi 11,7 kJ/mol. 1 mol suvsiz tuzning erish issiqligi nimaga teng?

Yechish: Erish jarayoni 2 bosqichdan iborat deb hisoblaymiz.

1) suvsiz tuzning gidratlanishi



2) kristallogidratning ko'p miqdordagi suvda erish issiqligi



$\Delta H_{\text{h.b}}$ kriqgid Ba ΔH_{er} -har bir bosqichning issiqlik effektlari.

Umumiy jarayonning issiqlik effekti ikkala bosqich issiqlik effektlarining yig'indisiga teng.

$$\Delta H = \Delta H_{\text{gidr}} + \Delta H_{\text{er}}$$

Gess qonunining 1-xulosasidan foydalanib

$$\Delta H_{\text{gidr}} = \Delta H_{\text{h.b}}^{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} - (\Delta H_{\text{h.b}}^{\text{CuSO}_4} + 5 \Delta H_{\text{h.b}}^{\text{H}_2\text{O}})$$

ΔH_{gidr} ning qiymatini o'rniga qo'ysak

$$\Delta H = \Delta H_{\text{er}} + \Delta H_{\text{h.b}}^{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} - (\Delta H_{\text{h.b}}^{\text{CuSO}_4} + 5 \Delta H_{\text{h.b}}^{\text{H}_2\text{O}}) = 11,7 - 2280 - (-771 - 5 \cdot 286) = -67,3$$

kJ/mol

7 - masala. 1,473 g NH_4Cl 528,5g suvda eritilganda harorat 0,174°C ga pasaydi.

NH_4Cl ning integral erish issiqligini aniqlang. Hosil bo'lgan eritmaning solishtirma issiqlik sig'imi 4,109J/g·grad. Kalorimetrdning issiqlik sig'imi 181,4 kJ/grad.

Yechish: $\Delta H_{\text{er}} = \frac{(mC_{\text{er}} + C_{\text{kal}})\Delta t \cdot M}{g}$ bo'yicha hisoblaymiz.

$$M = 528,5 + 1,473 = 530 \text{ g} \quad \Delta t = -0,174$$

$$\Delta H_{\text{er}}^{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{(530 \cdot 4,109 + 181,4) \cdot (-0,174) \cdot 53,5}{1,453} = -15110 \text{ kJ/mol}$$

8- masala. 250 g H_2SO_4 450 ml suvda eriganda qancha issiqlik ajralib chiqadi?

Yechish: $\Delta H_{\text{erish}}^{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{74,8n}{n+1,7983}$ empirik formuladan foydalanamiz.

H_2SO_4 va H_2O larning mol sonini hisoblab olamiz.

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{450}{18} = 25 \text{ mol} \quad n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{250}{98} = 2,55 \text{ mol}$$

1 mol H_2SO_4 ga $\frac{25}{2,55} = 9,8$ mol H_2O to'g'ri keladi.

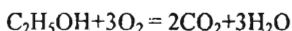
$$\Delta H_{\text{er}} = \frac{74,8n}{n+1,7983} = \frac{74,8 \cdot 9,80}{9,8+1,7983} = 63,2 \text{ kJ/mol}$$

250 g H_2SO_4 450 ml suvda eriganda

$\Delta H \bar{Q}_{\text{er}} = 63,2 \cdot 2,55 = 161,16$ kJ issiqlik ajralib chiqadi.

Mustaqil yechish uchun masalalar

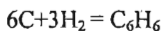
1. Etil spirti yonish reaksiyasining issiqlik effektini aniqlang.



Quyidagi berilganlardan foydalaning

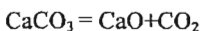


2. Benzol hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik effektini hisoblang.



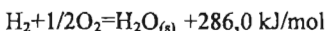
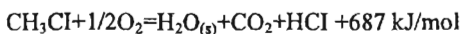
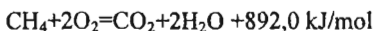
Vodorod, uglerod va benzolning yonish issiqliklari 285, 394 va 3282,4 kJ/mol

3. Kaltsiy karbonatning parchalanish reaksiyasining issiqlik effektini aniqlang.

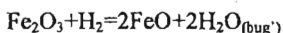


Kaltsiy oksid, uglerod (IV)-oksid va kaltsiy karbonatning oddiy moddalardan hosil bo'lish issiqliklari 636,9; 394 va 1208,6 kJ/mol

4. $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ reaksiyaning issiqlik effektini hisoblang. Shu haroratda quyidagi reaksiyalarning issiqlik effektlari ma'lum.

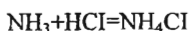


5. $\text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(s) = 2\text{CO} + 4\text{H}_2$



reaktsiyalarning issiqlik effekti moddalarning standart sharoitdagi ΔH qiymatlari jadvaldan foydalanib hisoblansin.

6. Ammoniy xlorid hosil bo'lish reaksiyasining issiqlik effekti hisoblansin.



Ammiak, vodorod va ammoniy xloridning oddiy mahsulotlardan hosil bo'lish issiqlik effektlari 46,09; 92,18 va 317,6 kJ/mol.

7. Standart ΔH° qiymatlar jadvaldan foydalanib

$\text{NH}_3 + \text{HCl}_{(g)} = \text{NH}_4\text{Cl}_{(q)}$ reaksiya uchun ΔH° va \bar{Q}_p hisoblansin.

8. 9,3413 g kaliy xlorid 445,38 g suvda eriganda harorat 1115 °C pasaydi. hosil bo'lgan eritmaning solishtirma issiqlik siqimi 4,068 J/g·grad, kalorimetrlning issiqlik siqimi 122,7 J/g·grad. Kaliy xloridning erish issiqligi aniqlansin.

9. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ning 20°C da integral erish issiqligi 11,94 kJ/mol, suvsiz tuzning gidratlanish issiqligi 78,50 kJ mol. Suvsiz CuSO_4 ning shu haroratdagi integral erish issiqligini hisoblansin.

10. 20 g 38% li HCl 400 ml suvda eriganda qancha issiqlik ajralib chiqadi?

11. $\text{CS}_{2(g)} + 3\text{O}_2 = \text{CO}_{2(g)} + 2\text{SO}_{2(g)} + 1075 \text{ kJ/mol}$ dan foydalanib CS_2 ning hosil bo'lish issiqligini aniqlang.

12. 3,25g Zn kalorimetrik bombada yondirilganda 17,46 kJ issiqlik ajralib chiqdi. Zn oksidning hosil bo'lish issiqligini aniqlang.

13. Oktanning standart yonish issiqligi 5512,2 kJ/mol, buten-1 va butanlarning yonish issiqliklari 2719,0 va 2879,2 kJ/mol bo'lsa oktanning kreking reaksiyasining ($\text{C}_{18} > \text{H}_2\text{S}$ q $\text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Q C_4H_{10}) standart issiqlik effektini hisoblang.

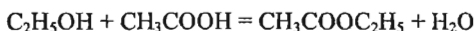
14. Agar $\text{Ca} + 1/2 \text{O}_2 = \text{CaO}$ $\Delta H = -636,9 \text{ kJ/mol}$

$\text{Ca} + \text{O}_2 + \text{H}_2 = \text{Ca}(\text{OH})_2$ $\Delta H = -988,0 \text{ kJ/mol}$

$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}_{(c)}$ $\Delta H = -285,0 \text{ kJ/mol}$

Bo'lsa 500 kg ohakni suv bilan so'ndirilganda, qancha issiqlik ajralib chiqadi?

15. 100g etilatsetat hosil bo'lishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdorini hisoblang.



Etil spirti, sirka kislotasi va etilatsetatning yonish issiqliklari mos ravishda -1374, -871,6 va -2256 kJ/mol.

Reaksiya issiqlik effektining haroratga bog'liqligi.

Kirxgoff qonuni.

Jadvallarda beriladigan issiqlik effektlari standart (25 °C harorat va 101325 Pa) sharoitda o'lchanadi. Lekin kimyoviy reaksiyalar har xil haroratda boradi. Tajribalar shuni ko'rsatdiki, harorat ortishi bilan jarayonning issiqlik effekti o'zgaradi. Issiqlik effektining haroratga bog'liqligi Kirxgoff qonunida ifodalanadi.

$$\frac{Q_2 - Q_1}{T_2 - T_1} = \Sigma \Delta C_2 - \Sigma \Delta C_1 \quad (1)$$

Izobar issiqlik effektini hisoblash uchun: $\frac{\Delta H_2 - \Delta H_1}{T_2 - T_1} = \Delta C_p$ (2) deb yozish

mumkin.

Issiqlik effektining harorat koeffitsienti mahsulotlar issiqlik sig'imi yig'indisidan dastlabki moddalar issiqlik siqimlari yig'indisini ayirmasiga teng.

Bu qonun reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning issiqlik sig'implari va reaksiyaning biror bir haroratdagi issiqlik effekti ma'lum bo'lsa, istalgan haroratdagi issiqlik effektlarini hisoblab topish imkonini beradi.

Berilgan haroratda reaksiyaning izobar issiqlik effektini aniqlash uchun yuqoridagi tenglamani standart haroratdan T gacha integrallanadi:

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT$$

Moddalarning issiqlik sig'imining konsentratsiyaga bog'liqligi:

$$C_p = a_0 + a_1 T + a_2 T^2$$

Agar (2) tenglamani integrallashda haroratlar intervalida fazoviy o'zgarishlar sodir bo'lsa, integrallash T_1 haroratdan fazoviy o'zgarish sodir bo'ladigan haroratgacha integrallanadi, so'ngra shu haroratdagi fazoviy o'zgarish issiqlik effektiga q'o'shiladi va fazoviy o'zgarish haroratidan T_2 gacha integrallanadi.

Masala yechish namunalari.

1-masala. $ZnS_{(q)} + 3/2O_{2(g)} = ZnO_{(q)} + SO_{2(g)}$ reaksiyasining $800^{\circ}C$ da entalpiya o'zgarishini hisoblang. Reaksiyalarning issiqlik sig'imi bilan harorat orasidagi bog'lanish quyidagicha:

$$C_p^{ZnO} (q) = 54 \cdot 10^3 + 4,96 \cdot T - 8,12 \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol} \cdot K$$

$$C_p^{ZnS} (q) = 47,6 \cdot 10^3 + 4,8 \cdot T - 8,25 \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol} \cdot K$$

$$C_p^{O_2} (g) = 31,5 \cdot K \cdot 10^3 + 3,39 \cdot K \cdot T - 3,77 \cdot K \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol} \cdot K$$

$$C_p^{SO_2} (g) = 71,5 \cdot K \cdot 10^3 + 10,73 T - 12,72 \cdot K \cdot 10^8 T^{-2} \text{ J/kmol} \cdot K$$

Moddalarning oddiy elementlardan hosil bo'lish issiqliklari

$$(\Delta H_{298}^{\circ})_{ZnO} = -203 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$$

$$(\Delta H_{298}^{\circ})_{ZnS} = -348 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$$

$$(\Delta H_{298}^{\circ})_{SO_2} = -297 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$$

Yechish: $800^{\circ}C$ yoki $1073K$ da entalpiya o'zgarishini

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \Delta a_0(T-298) + \frac{\Delta a_1}{2}(T^2 - 298^2) - \Delta a_2\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298}\right) \quad \text{formula bo'yicha}$$

hisoblaymiz.

$$\Delta H_{1073}^{\circ} = \Delta H_{298} + \Delta a_0(1073-298) + \frac{\Delta a_1}{2}(1073^2 - 298^2) - \Delta a_2\left(\frac{1}{1073} - \frac{1}{298}\right);$$

Δa_0 , Δa_1 va Δa_2 ni $\Delta a_0 = \sum(n\Delta a_0)_{\text{oxirgi}} - \sum(n\Delta a_0)_{\text{bosh}}$ formula bo'yicha topamiz:

$$\Delta a_0 = 47,6 \cdot 10^3 + 71,5 \cdot 10^3 - 54 \cdot 10^3 - \frac{3}{2} \cdot 31,5 \cdot 10^3 = 17,3 \cdot 10^3$$

$$\Delta a_1 = 4,8 + 10,73 - 4,96 - \frac{3}{2} \cdot 3,39 = 5,5$$

$$\Delta a_2 = -8,25 \cdot 10^8 - 12,72 \cdot 10^8 + 8,12 \cdot 10^8 + \frac{3}{2} \cdot 3,77 \cdot 10^8 = -7,19 \cdot 10^8$$

Gess qonunining 1-xulosasidan foydalanib, reaksiyaning standart issiqlik effektini hisoblaymiz:

$$\begin{aligned} \Delta H_{298} &= (\sum n\Delta H_{H/6})_{\text{ox.m.}} - (\sum n\Delta H_{H/6})_{\text{bosh.m.}} = -442 \cdot 10^6 + 13,41 \cdot 10^6 + 2,92 \cdot 10^6 - 1,74 \cdot 10^6 = \\ &= -427,41 \cdot 10^6 \text{ J/kmol} \end{aligned}$$

$800^{\circ}C$ dagi issiqlik effekti:

$$\Delta H_{1073} = -442 \cdot 10^6 + 17,3 \cdot 10^3 \cdot 775 + \frac{5,5}{2} \cdot 1,06 \cdot 10^6 + 7,19 \cdot 10^8 \cdot (-2,42 \cdot 10^{-3}) =$$

$$= -4,42 \cdot 10^6 + 13,41 \cdot 10^6 + 2,92 \cdot 10^6 - 1,74 \cdot 10^6 = -427,41 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$$

2-masala $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(g)} = \text{CO} + 3\text{H}_2\text{O}$ reaksiyaning 800°C dagi issiqlik effekti reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning entalpiyalaridan foydalanib hisoblansin.

Yechish. Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning hosil bo'lish issiqliklaridan foydalanib reaksiyaning standart sharoitdagi issiqlik effektini topamiz.

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \Delta H_{\text{h/b}}^{\text{CO}} + 3\Delta H_{\text{h/b}}^{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H_{\text{h/b}}^{\text{CH}_4} - \Delta H_{\text{h/b}}^{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} = -110,5 + 3 \cdot 0 - (-74,85) - (-241,84) =$$

$$= -206,19 \text{ kJ/mol}$$

Gazlarning turli haroratlardagi va normal bosimdagi entalpiyalari jadvalidan foydalanib 25°C dan 800°C ga o'tganda kerak bo'ladigan entalpiya qiymatlarini hisoblaymiz.

$$\Delta H_{\text{CH}_4}^{800} - \Delta H_{\text{CH}_4}^{25} = 44600 - 3660/4 = 43685 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^{800} - \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^{25} = 29960 - 3320/4 = 29130 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{CO}}^{800} - \Delta H_{\text{CO}}^{25} = 24900 - 2880/4 = 24810 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{H}_2}^{800} - \Delta H_{\text{H}_2}^{25} = 23700 - 2900/4 = 22975 \text{ kJ/mol}$$

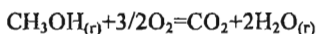
$$\Sigma \Delta H_{\text{bosh}} = 43685 + 23130 = 72815 \text{ kJ/mol}$$

$$\Sigma H_{\text{ox}} = 24180 + 3 \cdot 22975 = 93105 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \Sigma \Delta H_{\text{ox}} - \Sigma \Delta H_{\text{bosh}}$$

$$\Delta H_{800} = 206190 + 93105 - 72815 = 226480 \text{ kJ/mol}$$

3 -masala. Q'uyidagi kimyoviy reaksiyaning issiqlik effektini 127°C va $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ da aniqlang.



Yechish. $\Delta H_T = \Delta H_{298}^{\circ} + \Delta C_{298}^{\circ} + \Delta C_p(T-298)$ tenglamadan foydalanamiz. ΔH_{298}° ning qiymatini Gess qonuni xulosasi bo'yicha hisoblaymiz.

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \Sigma(n\Delta H_{\text{h/b}})_{\text{oh}} - \Sigma n\Delta H_{\text{h/b}})_{\text{bosh}}$$

Reaksiyada ishtirok etayotgan va hosil bo'layotgan moddalar issiqlik siqimlari va hosil bo'lish issiqlik effektlari qiymatlarini 2-jadvaldan olamiz.

$$\Delta H_{298}^{\circ} = -393,51 - 2 \cdot 241,84 + 201,17 = -676,02 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta C_p = (\Delta C_p)_{\text{oxirgi}} - (\Delta C_p)_{\text{boshl.}} = 37,13 + 2 \cdot 33,57 - \frac{3}{2} \cdot 29,37 - 49,4 =$$

$$= 10,815 \frac{\text{J}}{\text{grad} \cdot \text{mol}} = 10,815 \cdot 10^{-3} \text{ kJ / grad} \cdot \text{mol}$$

400°C dagi entalpiya o'zgarishi

$$\Delta H_{400}^{\circ} = -676,02 + 10,815 \cdot 10^{-3} (400 - 298) = -676,02 + 1,10 = -674,92 \text{ kJ/mol}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. CaCO_3 ning CaO va CO_2 ga parchalanish issiqligi 900°C da 178,3 kJ/mol. Bu moddalarning issiqlik sig'implari bilan harorat orasidagi bog'lanish quyidagicha:

$$C_p^{\text{CaCO}_3} = 82,47 + 49,82 \cdot 10^{-3} \cdot T - 12,89 \cdot 10^5 \cdot T^{-2} \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$$C_p^{\text{CaO}} = 47,62 + 3,214 \cdot 10^{-3} \cdot T - 6,896 \cdot 10^5 \cdot T^{-2} \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$$C_p^{\text{CO}_2} = 11,20 + 10,96 \cdot 10^{-3} \cdot T - 4,896 \cdot 10^5 \cdot T^{-2} \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

CaCO_3 ning parchalanish reaksiyasi issiqlik effektining haroratga bog'liqligini keltirib chiqaring va uning 1000°C dagi qiymatini hisoblang.

2. Suv hosil bo'lish reaksiyasi $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ning 298K va doimiy bosimdagi issiqlik effekti $\Delta H = -214,84$ kJ/mol. Quyida berilganlardan foydalanib, issiqlik effektining haroratga bog'liqligini keltirib chiqaring va 1000K dagi reaksiya issiqlik effektini hisoblang.

$$C_p^{\text{H}_2} = 28,8 + 2,76 \cdot 10^{-4} \cdot T + 1,17 \cdot 10^{-6} \cdot T \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$$C_p^{\text{O}_2} = 28,3 + 25,4 \cdot 10^{-4} \cdot T + 0,545 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

$$C_p^{\text{H}_2\text{O}} = 28,8 + 137,5 \cdot 10^{-4} \cdot T - 1,435 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/grad} \cdot \text{mol}$$

3. $\text{CO} + 4\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ reaksiyasi uchun issiqlik effektining haroratga bog'liqligi keltirib chiqaring va reaksiyaning 1000K dagi issiqlik effekti hisoblansin. Standart sharoitda uglerod (II)-oksid CO, metan CH_4 va suvning hosil bo'lish issiqliklari -393,51; -74,85 va -241,84 kJ/mol. Haqiqiy issiqlik sig'imining haroratga bog'liqligi:

$$C_p^{\text{CO}_2} = 36,5 + 27,6 \cdot 10^{-3} \cdot T + 9,2 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/mol}$$

$$C_p^{H_2} = 28,8 + 0,276 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,17 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/mol}$$

$$C_p^{CH_4} = 14,15 + 75 \cdot 10^{-3} \cdot T - 17,54 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/mol}$$

$$C_p^{H_2O} = 28,8 + 13,75 \cdot 10^{-3} \cdot T - 1,435 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/mol}$$

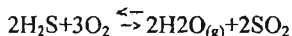
4. $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ reaksiyaning 1000°C dagi issiqlik effekti hisoblansin. Moddalarning entalpiya qiymatlaridan foydalaning (Jadval 2)

5. Azot bilan kislorod o'rtasida quyidagi reaksiya boradi:



Ushbu reaksiyaning 1000°C va normal bosimdagi issiqlik effekti hisoblansin. Reaksiyada ishtirok etuvchi moddalarning entalpiya qiymatlaridan foydalaning (Jadval 2).

6. Vodorod sulfidning yonishi quyidagi reaksiya bo'yicha boradi:



Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning hosil bo'lish issiqliklari va entalpiyalari qiymatlaridan foydalanib reaksiyaning 500°C dagi issiqlik effektini hisoblang.

“...ta'lim - tarbiya tizimini o'zgartirmasdan turib ongni o'zgartirib bo'lmaydi. Ongni, tafakkurni o'zgartirmasdan turib esa biz ko'zlagan oliy maqsad – ozod va obod jamiyatni barpo etib bo'lmaydi”

I.A. Karimov

II bo'lim.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni

Entropiya Termodinamik potentsiallar.

Termodinamikaning I qonuni izolirlangan sistema energiyasining doimiylikini, energiyaning bir turdan ikkinchi turga ekvivalent miqdorda o'tishini

tasdiqlaydi, lekin jarayonning qaysi yo'nalishda o'z-o'zidan sodir bo'lishini tushuntira olmaydi.

Termodinamika II qonuni o'rganilayotgan sistemada berilgan sharoitda (T, P, C va δ) qaysi jarayon o'z-o'zidan sodir bo'lishini belgilab beradi. Bunda sistema qancha miqdorda ish bajaradi va qaysi oraliqda o'z-o'zidan sodir bo'lishini aniqlab beradi.

Termodinamika II qonunining bir nechta ta'rifi bor. Ulardan biri: **Issiqlik sovuq jismdan issiq jismga o'z-o'zidan o'tmaydi. Yoki Berilgan issiqlikni to'laligicha ishga aylantira oladigan mashina II tur abadiy dvigatel qurib bo'lmaydi.**

Har qanday issiqlik mashinasi isitgich va sovutgich haroratlari orasida farq bo'lgandagina ish bajara oladi. $A = Q_1 - Q_2$.

Q_1 – isitgichdan olingan issiqlik miqdori;

Q_2 – sovutgichga berilgan issiqlik miqdori.

Bajarilgan ishning isitgichdan olingan issiqlik miqdoriga nisbati **foydali ish ko'effitsienti** deyiladi.

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

T_1 – isitgich harorati

T_2 – sovutgich harorati

Demak, energiyaning istalgan shakli issiqlikka o'tishi mumkin, lekin issiqlik energiyasi boshqa turga to'liq o'tmaydi.

η – har doim 1 dan kichik bo'ladi.

Ishga aylanmayotgan energiyani R. Klauzius “**entropiya**” deb atadi.

Izotermik qaytar jarayonda jismga berilgan issiqlikning uning absolyut haroratiga nisbati entropiya deyiladi.

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

Entropiya modda holatining sodir bo'lish ehtimolligi va tartibsizlik bilan bog'liq.

$$\Delta S = K \ln W$$

K – Boltsman doimiysi

W – holat ehtimolligi

$$\Delta S = K \ln \frac{2 - \text{holatdagi tartibsizlik}}{1 - \text{holatdagi tartibsizlik}}$$

Tartibsizlik qancha katta bo'lsa, entropiya ham katta bo'ladi. Suyuqlanish, bug'lanishda entropiya ortadi.

Jarayonda sistema entropiyasining o'zgarishi sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatlariga bog'liq bo'lib, o'tish yo'liga bog'liq emas.

$$\Delta S = S_2 - S_1$$

$$\text{Izobarik qaytar jarayon uchun } \Delta S = \frac{\Delta H}{T}$$

ΔH -fazoviy o'zgarishlar issiqligi.

T - fazoviy o'zgarish sodir bo'ladigan harorat.

qaytmas jarayonlarda $\Delta S > \frac{\Delta H}{T}$ bo'ladi.

Agar sistema izolirlangan bo'lsa $\Delta Q = 0$, demak $\Delta S = 0$. Entropiya o'zgarishi manfiy $\Delta S < 0$ bo'ladigan jarayon o'z-o'zidan sodir bo'lmaydi. Bulardan xulosa qilib barcha jaryonlarni sinflash mumkin.

1. $\Delta S > 0$ o'z-o'zidan boradigan tabiiy jarayon;
2. $\Delta S < 0$ o'z-o'zidan bormaydigan jarayon;
3. $\Delta S = 0$ qaytar jarayon, istalgan yo'nalishda boradi.

Yopiq sistemalarda jarayonning o'z-o'zidan sodir bo'lishini termodinamik potentsiallar belgilaydi. Bular:

Izobarik – izotermik potentsial $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ (Gibbs energiyasi)

Izoxorik – izotermik potentsial $\Delta F = U - T\Delta S$ (Gelmgolts energiyasi)

$$A_p = -\Delta G \text{ va } A_V = -\Delta F.$$

Bu potentsiallar sistemaning ish qobiliyatini belgilaydi, energiyaning ishga aylangan qisminin ko'rsatadi.

Masala yechish namunalari.

1-masala. 140°C da bug' olib, 105°C da bug' chiqarib ishlayotgan Karnoning ideal mashinasi foydali ish koeffitsientini hisoblang.

Yechish: Foydali ish koeffitsienti

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$T_1 = 140 + 273 = 413 \text{ K} \quad T_2 = 105 + 273 = 378 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{413 - 378}{413} = 0,085 \text{ yoki } 8,5\%$$

2-masala. $2C_{(\text{grafit})} + H_{2(\text{g})} \rightarrow C_2H_{2(\text{g})}$ reaksiyaning ΔS_{298}° sini hisoblab, reaksiyaning borish ehtimoligini aniqlang.

Yechish: Gess qonuniga binoan jarayonning entropiya o'zgarishi

$$\Delta S_{298}^\circ = \sum(n\Delta S_{298}^\circ)_{\text{oh.}} - \sum(n\Delta S_{298}^\circ)_{\text{boshl.}}$$

Entropiyaning standart qiymatlaridan foydalanib (Jadval 2)

$$\Delta S_{298}^\circ = \Delta S_{C_2H_2}^\circ - 2\Delta S_{C_{\text{grafit}}}^\circ - \Delta S_{H_2}^\circ = 200,8 - 2 \cdot 5,74 - 130,6 = 58,72 \text{ J/mol}$$

$\Delta S > 0$ bo'lganligi uchun berilgan reaksiya sodir bo'ladi.

3-masala. 15g sirka kislotasining suyuqlanish haroratidan 40°C gacha qizdirganda entropiya o'zgarishini hisoblang. Sirka kislotaning erish harorati 16,6°C, erish issiqligi 194 J/g, 0 - 60°C oraliqdagi issiqlik sig'imi $C = 1,96 + 0,0039$ (J/g·grad).

Yechish: Umumiy entropiya o'zgarishi ΔS erish vaqtidagi entropiya o'zgarishi va berilgan haroratgacha qizdirilgandagi o'zgarishi yig'indisiga teng.

$$\Delta S = \Delta S_{\text{er}} + \Delta S_2$$

$$\Delta S = \frac{\Delta H}{T} \quad T_{\text{suyuq}} = 16,6 + 273 = 289,6 \text{ K}$$

$$\Delta S_{\text{er}} = \frac{194}{289,6} = 0,6699 \text{ J/g} \cdot \text{grad.}$$

15g CH_3COOH uchun $\Delta S_{\text{erish}} = 15 \cdot 0,6699 = 10,05 \text{ J/g} \cdot \text{grad.}$

ΔS_2 ni topish uchun 40°C dagi solishtirma issiqlik sig'imini hisoblaymiz.

$$C_p^{40} = 1,96 + 3,9 \cdot 10^{-9} \cdot 40 = 2,116 \text{ J/g} \cdot \text{grad.}$$

Izobar jarayon uchun

$$\Delta S_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = 2,116 \cdot 15 \cdot 2,31 \text{ g} \frac{273+40}{273+16,6} = 73,002 \text{ J/g} \cdot 1,081 = 73,002 \cdot 0,0338 = 2,47$$

J/g·grad

4-masala. 42 g azotni 150°C dan 20°C gacha sovutganda bosim $5 \cdot 10^5$ dan $2,5 \cdot 10^6$

Pa gacha ortadi. Issiqlik sig'imi $C_p = 1,039$ J/g·grad bo'lsa, entropiya o'zgarishini hisoblang.

Yechish: Entropiya o'zgarishini hisoblash uchun

$$\Delta S = nR \ln \frac{P_1}{P_2} + nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} \text{ formuladan foydalanamiz.}$$

$$T_1 = 273 + 150 = 423 \text{ K} \quad T_2 = 273 + 20 = 293 \text{ K}$$

Molyar issiqlik sig'imi $C_p = M \cdot C'_p = 28 \cdot 1,039 = 29,09$ J/g·grad.

Mollar sonini hisoblaymiz

$$n = \frac{m}{M} = \frac{42}{28} = 1,5 \text{ mol}$$

$$\Delta S = 1,5 \cdot 2,3 (8,314) \text{ g} \frac{5 \cdot 10^5}{2,5 \cdot 10^6} + 29,09 \text{ J/g} \ln \frac{293}{423} = -20,63 \text{ J/grad}$$

(-)ishora gaz sovutilganda entropiya kamayishini ko'rsatadi. ($S_1 > S_2$).

5-masala. $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{q}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{Fe}(\text{q}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ reaksiya uchun standart sharoitda entropiya o'zgarishi ΔS° va izobar-izotermik potentsial o'zgarishi ΔG° hisoblansin va reaksiyaning o'z-o'zicha ketishi ehtimolligi aniqlansin.

Yechish: ΔS° va ΔG° larning qiymatini Gess qonuniga binoan hisoblaymiz.

$$\Delta S^\circ = 2\Delta S_{\text{Fe}}^\circ + 3\Delta S_{\text{H}_2\text{O}}^\circ - \Delta S_{\text{Fe}_2\text{O}_3}^\circ - 3\Delta S_{\text{H}_2}^\circ = 2 \cdot 27,15 + 3 \cdot 188,74 - 89,66 - 3 \cdot 130,6 = 138,76$$

J/mol·grad.

$$\Delta G_T^\circ = 2\Delta G_{\text{Fe}}^\circ + 3\Delta G_{\text{H}_2\text{O}}^\circ - \Delta G_{\text{Fe}_2\text{O}_3}^\circ = 2 \cdot 0 + 3(-228,8) - (-740,99) - 3 \cdot 0 = 54,59 \text{ kJ/mol}$$

S° va ΔG° qiymatlarini jadval 2 dan olamiz. $\Delta G^\circ > 0$ bo'lganligi uchun standart sharoitda ($T = 101325$ Pa) reaksiya o'z-o'zidan ketmaydi.

6-masala. $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$ reaksiya uchun

a) standart izobar potentsialning o'zgarishini

b) 0°C dagi izobar potentsialning o'zgarishini

v) 100°C izobar potentsialning o'zgarishini

g) gazlar aralashmasi muvozanatda turishi mumkin bo'lgan haroratni aniqlang.

ΔH° va ΔS° qiymatlarini jadvaldan oling.

Yechish: a) 298 K da entalpiya o'zgarishi

$$\Delta H_{298}^\circ = \Delta H_{N_2O_4}^\circ - 2\Delta H_{NO_2}^\circ = 9,66 - 2 \cdot 33,85 = -58 \text{ kJ/mol}$$

Entropiya o'zgarishini Gess qonuni bo'yicha hisoblaymiz.

$$\Delta S_{298}^\circ = \Delta S_{N_2O_4}^\circ - 2\Delta S_{NO_2}^\circ = 304,3 - 2 \cdot 240,76 = 176,6 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

Entalpiya va entropiya o'zgarishlarini bilgan holda 298K da izobar potentsial o'zgarishini hisoblaymiz.

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

$$\Delta G_{298}^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T\Delta S_{298}^\circ = -58040 - 298 \cdot (-176,6) = -5413,2 \text{ J} = -5,41 \text{ kJ}$$

$\Delta G < 0$ ekanligi 298K da reaksiya o'ngga borishini ko'rsatadi.

6) ΔH_{298}° va ΔS_{298}° larni yuqorida ko'rsatilgandek hisoblaymiz. ΔG esa

$$\Delta G_{273}^\circ = -58040 - 273 \cdot (-176,6) = -9828,2 \text{ J}$$

$\Delta G_{273}^\circ < 0$; reaksiya dimer hosil bo'ladigan tomonga boradi (Le-Shatele printsiipi)

b) 100 °C ya'ni 373K da ΔG

$$\Delta G_{373}^\circ = -58040 - 373 \cdot (-176,6) = 7831,8 \text{ J}$$

$\Delta G > 0$ reaksiya azot(IV)-oksid hosil bo'lishi tomonga ketadi.

g) aralashmaning dastlabki tarkibida $P_{NO_2} = P_{N_2O_4}$ tenglik o'zgarmaganda ya'ni

$\Delta G = 0$ bo'lgandagi haroratni hisoblaymiz.

$\Delta G = 0$ da $\Delta H^\circ = T\Delta S$. Undan

$$T = \frac{\Delta H^\circ}{\Delta S^\circ} = \frac{-58040}{-176,6} = 328,65 \text{ K} = 55,65 \text{ }^\circ\text{C}$$

55,65°C da aralashma muvozanatda bo'ladi. Undan baland haroratda reaksiya azot (IV)-oksid hosil bo'lish tarafga, past haroratda dimer hosil bo'lish tarafga ketadi.

7-masala. 298K da havoda kislorod hosil bo'lishining izobar-izotermik potentsiali o'zgarishi hisoblansin. Kislorodning havodagi partsial bosimi 0,21 atm.

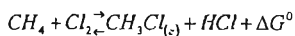
Yechish: $\Delta G_T = \Delta G_T^\circ + RT \ln P$ tenglamadan foydalanamiz. Kislorod uchun $\Delta G_{298}^\circ = 0$ bo'lgani uchun

$$\Delta G_T = RT \ln P = 8,31 \cdot 298 \cdot 2,3 \cdot \lg 0,21 = -3866,6 \text{ J/mol}$$

Shunday qilib, kislorod hosil bo'lishi bilan boradigan har qanday reaksiya 1 atm bosimdan ko'ra atmosfera bosimida ketadi.

Mustaqil yechish uchun masalalar.

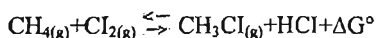
1. $4NO + 6H_2O_{(g)} = 4NO_3 + 5O_2$ reaksiya uchun 298 K dagi standart entropiya, Gibbs va Gelmgolts energiyalari o'zgarishini hisoblang. Jadvaldagi qiymatlardan foydalaning.
2. Jadvaldagi ΔG° va ΔS° qiymatlardan foydalanib $\frac{1}{2}N_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NO$ reaksiyaning issiqlik effektini hisoblang.
3. Metanni xlorlash reaksiyasi uchun izobar potentsial o'zgarishini hisoblang.



Moddalarning ΔH° va ΔS° qiymatlarini jadvaldan oling.

4. $25^\circ C$ da $C_{grafit} + 2H_{2(g)} = CH_{4(g)}$ jarayon uchun Gibbs energiyasi o'zgarishi ΔG° ni hisoblang. Moddalarning ΔH° va ΔS° qiymatlarini jadvalda va metanning standart yonish issiqligi qiymatidan foydalaning.
5. Karnoning ideal mashinasi $250^\circ C$ da bug' olib $40^\circ C$ da bug' chiqaradi. Mashinaning foydali ish koeffitsientini hisoblang.
6. 350 va $50^\circ C$ harorat oralig'ida ishlaydigan Karno mashinasi 1 siklda $33,52$ J ish bajaradi. Bu vaqtda mashinaga qancha issiqlik berish kerak va qancha issiqlik ajralib chiqadi?
7. Karnoning qaytar siklida $0^\circ C$ da isitgichdan 419 kJ issiqlik olinib, sovutgichga $77^\circ C$ harorat bilan beriladi. Bu sikl sodir bo'lishi uchun qancha ish bajarish kerak?
8. Karno mashinasi $200-300$ K oraliqda ishlab $85,8$ kJ issiqlikni ishga aylantiradi. 200 K da sovutgichga qancha issiqlik beriladi?
9. 250 g suv $25^\circ C$ da bug'langanda entropiya o'zgarishini hisoblang. Ushbu haroratda suvning molyar bug'lanish issiqligi $44,08$ kJ/mol
10. Normal bosimda 0 va $100^\circ C$ oraliqda 1 g suvning entropiya o'zgarishini aniqlang. Suvning issiqlik sig'imi doimiy bo'lib $4,19$ J/g·grad. ga teng.

11. 1 mol benzolni erish haroratidan (5,49°C), qaynash haroratigacha (80,2°C) qizdirganda entropiya o'zgarishi hisoblansin. Benzolning suyuqlanish issiqligi 126,54 J/g, bug'lanish issiqligi 396 J/g, solishtirma issiqlik sig'imi 1,94 J/g·grad.
12. $N_2 + 2H_2O_{(g)} = NH_4NO_2 + \Delta G^\circ$ reaksiya uchun izobar-izotermik potentsiali o'zgarishi hisoblang va standart sharoitda reaksiyaning borish ehtimolligini tushuntiring. $\Delta G^\circ_{NH_4NO_2} = 115,94$ kJ/mol.
13. Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarning ΔH°_{298} va ΔS°_{298} qiymatlaridan (Jadval 2) foydalanib quyidagi reaksiyalar uchun ΔG°_{298} ni hisoblang.
- a) $SO_{2(g)} + 1/2O_2 \leftrightarrow SO_{3(g)}$
- b) $CO_{(g)} + H_2O \leftrightarrow CO_{2(g)} + H_2_{(g)}$
- b) $H_{2(g)} + 1/2O_2 \leftrightarrow H_2O_{(g)}$
14. Metanni xlrlash reaksiyasi uchun izobar-izotermik potentsiali o'zgarishini hisoblang.



Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalar uchun ΔH° va ΔS° larning qiymatlarini jadvaldan oling (Jadval 2).

“...XXI asrda dunyoni madaniyat va ma'naviyat qutqaradi...”

I.A. Karimov

III bo'lim.

Fazalararo muvozanat termodinamikasi.

Gibbsning fazalar qoidasi.

Geterogen sistemalarda fazalar bir-biriga o'tib turishi (agregat holatlarining o'zgarishi, qattiq moddalarning erishi, suyuqlikning bug'lanishi va boshqalar) yoki kimyoviy reaksiya sodir bo'lishi mumkin. Bunday sistemalarda yuzaga keladigan muvozanat fazalararo muvozanat deyiladi.

Geterogen sistemaning boshqa qismlardan chegara sirt bilan ajralgan, bir xil tarkib, bir xil fizik va kimyoviy xossalarga ega bo'lgan qismi faza deyiladi. Masalan, o'ta to'yingan eritma 3 ta fazadan iborat: suv bug'i, eritma va tuz kristallari.

Sistemadan ajralgan holda uzoq vaqt tura oladigan modda xillari tarkibiy qism deyiladi. Masalan, osh tuzi eritmasida 2 ta komponent suv va natriy xlor tarkibiy qism hisoblanadi.

Sistemaning barcha fazalarini kimyoviy tarkibini xarakterlay oladigan modda xillarining eng kichik soni komponentlar soni deyiladi. Fizikaviy sistemalarda komponentlar soni tarkibiy qismlar soniga teng bo'ladi. Kimyoviy sistemalarda komponentlar soni tarkibiy qismlar sonidan sistemada borayotgan reaksiya sonini ayirib topiladi. $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ reaksiyada tarkibiy qism uchta (CaCO_3 , CaO , CO_2), komponentlar soni 2 ga teng.

$$K = 3 - 1 = 2.$$

Erkinlik darajasi sistemaning mustaqil o'zgaruvchi parametrlarini bildiradi. Lekin ular o'zgarganda sistemadagi fazalar soni o'zgarmasdan qolishi kerak. 1876 yilda Gibbs geterogen sistemalardagi muvozanat yuzaga kelishi shartini ifodalovchi qoidani ta'rifladi. Unga ko'ra: muvozanatda turgan ko'p komponentli geterogen sistemada erkinlik darajasi komponentlar sonidan fazalar sonining ayirmasi plyus ikkiga teng.

$$F = K - \phi + 2.$$

F - erkinlik darajasi

K - komponentlar soni

ϕ - fazalar soni

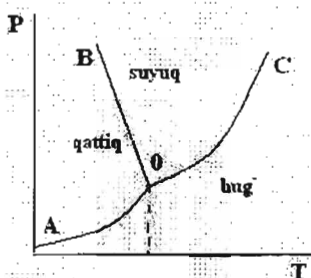
2 - harorat va bosim

Kondensirlangan sistemalarda ($P = \text{const}$) faqat harorat hisobga olinadi va fazalar qoidasi

$$F = K - \phi + 1.$$

Gibbsning fazalar qoidasi fizik-kimyoviy tahlil usullarining yaratilishiga asos bo'ldi.

Fizik-kimyoviy tahlil usullarida eritma yoki qotishmaning biror-bir fizik xossasi (zichligi, qovushqoqligi, suyuqlanish harorati, bug' bosimi, sirt tarangligi, elektr o'tkazuvchanligi, sindirish ko'rsatkichi va b.) bilan tarkibi orasidagi bog'lanish o'rganiladi. Sistemaning tarkibi bilan uning suyuqlanish (kristallanish) harorati orasidagi bog'lanishni termik tahlil usuli o'rganadi. Olingan natijalar asosida "tarkib - suyuqlanish harorati" diagrammasi tuziladi. Bu usul sistema qanday sharoitda qaysi tarkib va miqdorda mavjud bo'la olishini aniqlab beradi. Bir komponentli sistemalarda mustaqil o'zgaruvchi parametr sifatida harorat va



Rasm 1.

bosim olinadi.

AO chizig'i "qattiq - bug" muvozanati

OB chizig'i "qattiq-suyuqlik" muvozanati

OC chizig'i "suyuqlik-bug" muvozanatini ifodalaydi.

O nuqtada uchta faza (qattiq, suyuq, bug') mavjud.

Suyuq holda bir-birida cheksiz

aralashadigan, qattiq holda

aralashmaydigan ikki

komponentdan iborat

kondensirlangan sistemalarning

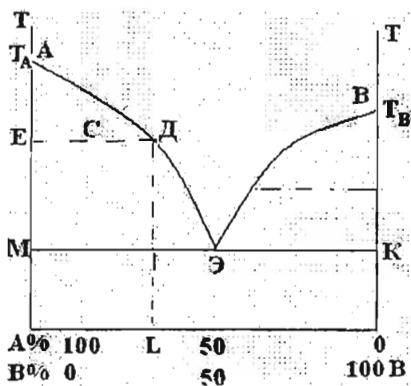
diagrammasi 2- rasmda keltirilgan.

T_A va T_B - A va B moddalarning suyuqlanish harorati.

$A\bar{B}$ - likvidus chizig'i

$M\bar{K}$ - solidus chizig'i

Likvidusdan yuqorida bitta suyuq faza bor.



Rasm 2.

$A\bar{E}$ chizig'i va $AM\bar{E}$ sohada 2 ta faza A

ning kristali va suyuq qotishma bor. $B\bar{E}$ chizig'i va

$B\bar{E}\bar{K}$ sohada B ning kristali va suyuq qotishma, ya'ni 2 ta faza mavjud. C

nuqtada A ning kristall tarkibi L nuqtaga mos keladigan suyuq qotishma bor.

Bu nuqtada fazalar massalari nisbatini “richag qoidasi” bo’yicha aniqlanadi. Unga binoan:

$$\frac{A_{\text{kristal massasi}}}{\text{suyuq qotishma massasi}} = \frac{CD}{EC}$$

Э nuqtada uchta faza muvozanatda turadi (suyuq, qotishma, A ning kristali va B ning kristali. $M\mathcal{E}K$ chizig’idan pastda 2 ta faza A va B kristallarining mexanik aralashmasi.

Masala yechish namunalari

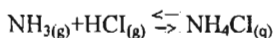
1-masala. $Mg(NO_3)_2$ ning suvdagi to’yingan eritmasi uchun erkinlik darajasini hisoblang.

Yechish: Sistemada kimyoviy reaksiya bormayotganligi sababli komponentlar soni tarkibiy qismlar soniga: $Mg(NO_3)_2$ va H_2O ya’ni 2 ga teng. Suyuq va bug’ holatdagi suv va qattiq $Mg(NO_3)_2$, ya’ni 3 ta faza muvozanatda turibdi. Gibbsning fazalar qoidasidan foydalanib

$$F = K - \Phi + 2 = 2 - 3 + 2 = 1$$

Sistemaning erkinlik darajasi 1 ga teng, ya’ni monovariantli. Shuning uchun faqat 1 ta parametрни ma’lum chegarada o’zgartirish mumkin.

2-masala. Moddalarining 1 ta fazadagi konsentratsiyalari bir xil bo’lgan, lekin bir-biri bilan quyidagi reaksiya bo’yicha ta’sirlashadigan sistemaning erkinlik darajasi sonini hisoblang.



Yechish: Komponentlar sonini topish uchun tarkibiy qismlar sonidan sistemada sodir bo’layotgan kimyoviy reaksiyalar sonini ayirib tashlaymiz. Komponentlar soni 1 ga teng, chunki muvozanat vaqtida gaz fazada moddalar quyidagi 2 ta tenglama orqali bog’langan. $C_{NH_3} = C_{HCl}$ va $K_c = C_{NH_3} \cdot C_{HCl}$

Gaz fazada NH_4Cl yo’q, chunki u uchganda NH_3 va HCl ga to’la parchalanadi. Fazalar soni 2 ga (qattiq va gaz) teng. Demak,

$$F = K - \Phi + 2 = 1 - 2 + 2 = 1$$

Monovariantli sistema.

3-masala. Qotishma tarkibida 40% va 60% Sb bor. 783g evtektik qotishmada 423g qo'rg'oshin bor. Evtektikaning tarkibini hisoblang.

Yechish: Evtektika - 2 la komponentining mayda kristallaridan iborat bir jinsli bo'lmagan mexanik aralashma. 783g qotishmadagi har qaysi metallning massasini hisoblaymiz.

$$m_{Pb} = 783 \cdot 0,4 = 313,2 \text{ g} \qquad m_{Sb} = 783 \cdot 0,6 = 469,8 \text{ g}$$

Evtektik qotishma massasi

$$783 - 423 = 360 \text{ g}$$

Shunday qilib, evtektika tarkibida 313,2 g Pb va

$$360 - 313,2 = 46,8 \text{ g Sb bor.}$$

Evtektikaning % tarkibini aniqlaymiz.

$$Pb\% = \frac{313,2}{360} \cdot 100 = 87$$

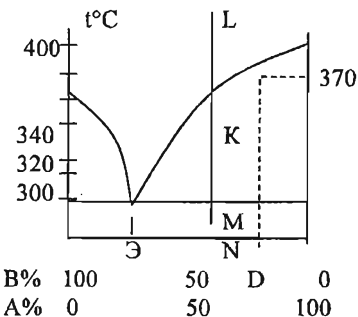
$$Sb\% = \frac{46,8}{360} \cdot 100 = 13$$

4-masala. A va B moddalardan iborat 2 komponentli sistema erish diagrammasi berilgan.

a) 300 g evtektik qotishma tarkibida 40% A modda bor. Qotishma 370°C da kristallana boshlashi uchun evtektik qotishmaga yana qancha A modda qo'shish kerak?

b) 60% A va 40% B dan iborat qotishma 400°C dan 240°C gacha sovutilganda nechta faza hosil bo'ladi? Shu hol uchun erkinlik darajasini hisoblang.

Yechish:



a) 370°C da kristallana boshlaydigan qotishma tarkibida 80 % va 20 % B (D nuqta) modda bor.

Berilgan qotishmaga qo'shilishi kerak bo'lgan A moddani miqdorini X bilan belgilaymiz. Unda 370°C da kristallana boshlaydigan qotishma tarkibi

$$80 = \frac{300 \frac{40}{100} + X}{300 + X} \cdot 100 = \frac{120 + X}{300 + X} \cdot 100; \quad X = 600 \text{ g}$$

b) 60% A va 40% B tarkibli qotishmaga LKMN ordinata to'g'ri keladi. Bu qotishmaning sovushida fazalar soni va erkinlik darajasining o'zgarishini L, K, M, N nuqtalarda ko'ramiz. L nuqtada-suyuq faza. Erkinlik darajasi

$$F = K - \phi + 1 = 2 - 1 + 1 = 2$$

Sistemaning tarkibi va haroratini ixtiyoriy o'zgartirish mumkin. K nuqtada (t=340 °C) A modda kristallana boshlaydi, bu nuqtada 2 ta faza: suyuq qotishma va A ning kristallari. Erkinlik darajasi

$$F = 2 - 2 + 1 = 1$$

Har bir haroratga ma'lum tarkib to'g'ri keladi.

M nuqtada (t=270°C) evtektik qotishma kristallana boshlaydi va qotadi. M nuqtada 3 ta faza: suyuq qotishma A ning kristallari va evtektika bor. Erkinlik darajasi $F = 2 - 3 + 1$ xarorat va tarkib ma'lum qiymatga egaligini ko'rsatadi.

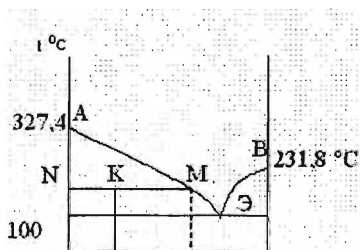
N nuqtada (t=240 °C) qattiq fazaning sovushi davom etadi. N nuqtada 2 ta faza: A ning kristallari va evtektika. Erkinlik darajasi

$$F = 2 - 2 + 1 = 1$$

Har bir haroratga ma'lum tarkib mos keladi.

5-masala. 200°C da 70% Pb va 30% Sn dan iborat sistemaning suyuq va qattiq fazalarining tarkibini aniqlang. 200°C da 4 kg qotishmadan ajralib chiqqan qattiq fazaning massasi qancha?

Yechish: Erish diagrammasida berilgan tarkib va haroratga K nuqta to'g'ri keladi. K nuqtadan absissalar o'qiga parallel qilib AE chiziq bilan kesishadigan va ordinata o'qiga parallel qilib toza Pb miqdoriga to'g'ri keladigan chiziqlar o'tkazamiz.



Pb%	100	50	0
Sn%	0	50	100

M nuqta suyuq fazaning tarkibiga N nuqta esa qattiq faza tarkibiga to'g'ri keladi. Suyuq fazaning tarkibi 60 % Sn va 40 % Pb. Qattiq faza toza qo'rg'oshindan iborat. Qattiq fazaning massasi m_q va suyuq fazaning massasi m_c shu haroratda aniqlanadi:

$$\frac{m_q}{m_c} = \frac{KM}{NK}$$

Qotishmaning umumiy massasi 4 kg bo'lsa,

$$m_s = 4 - m_q$$

Yelkalarni % larda ifodalaymiz.

$$KM = 30\% \quad NK = 30\%$$

$$\frac{m_q}{4 - m_q} = \frac{30}{30}$$

$$m_q = 4 - m_q$$

$$2 m_q = 4$$

$$m_q = 2;$$

Shunday qilib, 200°C da 4 kg qotishmadan 2 kg qo'rg'oshin qattiq holda ajralib chiqadi.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Quyidagi sistemalar uchun:

a) natriy sulfat eritmasi va suv bug'i;

b) natriy sulfat eritmasi, muz kristallari va suv bug'i;

v) natriy sulfat eritmasi, muz kristallari, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ kristallari va suv bug'i;

g) natriy sulfat eritmasi, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ va Na_2SO_4 kristallari va suv bug'i erkinlik darajasini hisoblang.

2. Quyidagi sistemalar uchun:

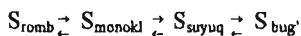
a) $S_{\text{romb}} \rightarrow S_{\text{monokl}} \rightarrow S_{\text{bug'}}$;

b) $S_{\text{suyuq}} \rightarrow S_{\text{bug'}}$;

b) S_{romb} ;

r) $S_{\text{romb}} \rightarrow S_{\text{monokl}} \rightarrow S_{\text{suyuq}}$

erkinlik darajasini hisoblang.



Muvozanat mavjud bo'la oladimi?

3. Muvozanatda turgan

- a) bir komponentli;
- b) ikki komponentli;
- v) uch komponentli

Sistemalarda maksimal fazalar soni va maksimal erkinlik darajasini hisoblang.

- 4. a) Saxaroza eritmasi va suv bug'i;
- b) saxaroza eritmasi, muz va suv bug'i;
- v) saxaroza eritmasi va kristali, muz va suv bug'idan iborat sistemalar uchun erkinlik darajasini hisoblang.

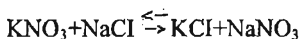
2. Qo'rg'oshin- rux sistemasi qotishmadan

- a) Pb kristallari
- b) Zn kristallari
- v) bir vaqtning o'zida qo'rg'oshin va rux ajralib chiqayotganda erkinlik darajasini hisoblang.

3. Muvozanatda turgan quyidagi sistemalar uchun

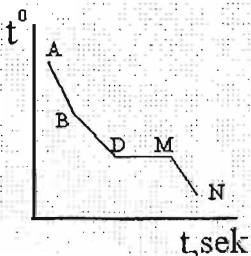
- a) $\text{CaCO}_{3(\text{q})} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(\text{q})} + \text{CO}_2$
- b) $2\text{FeO}_{(\text{q})} \rightleftharpoons 2\text{Fe}_{(\text{q})} + \text{O}_2$ erkinlik darajalarini hisoblang. Olingan natijalarni qanday izohlash mumkin?

4. KNO_3 va NaCl suvda eriganda quyidagi reaksiya sodir bo'lishi mumkin.



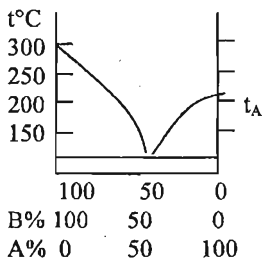
Agar KNO_3 va NaCl eritmaları suv bug'i va NaCl kristallari bilan muvozanatda turgan bo'lsa, sistemaning erkinlik darajasini hisoblang.

5. 10 % Sn tutgan rux qotishmasining sovush diagrammasidan foydalanib AB, BD, DM, MN uchastkalar uchun erkinlik darajasini hisoblang.



6. Qotishma 24% Cd va 76% Bi dan iborat. 1kg qotishmada evtektika bilan 400g kadmий kristallari bor. Evtektikaning tarkibini massa ulushlarda aniqlang.

7. Ikki komponentli sistemaning holat diagrammasidan foydalanib 60g A modda va 140g B moddadan iborat qotishma 200°C dagi suyuq va qattiq fazalarining tarkibini aniqlang. Suyuq va qattiq fazalarning massalari qancha?



Klauzius – Klapeyron tenglamasi

Toza modda bilan uning to'yingan bug' bosimi orasidagi muvozanat eng sodda getergen muvozanatga misol bo'ladi. Bu muvozanat to'yingan bug' bosimining haroratga bog'liqligi egrisi ko'rinishida grafik usulda ifodalanadi. Yopiq idishda $T = \text{const}$ da ma'lum miqdordagi modda bilan muvozanatda turgan bug'ning bosimi to'yingan bug' bosimi deyiladi.

Qattiq modda ustidagi to'yingan bug' bosimining haroratga bog'liqlik egrisi sublimatsiya egrisi bo'lib, uning shakli bug'lanish egrisiga o'xshash bo'ladi. Bir komponentli ikki fazali sistemalar uchun bu egrilar Klazius-Klapeyron tenglamasi bilan ifodalanadi.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T(V_2 - V_1)} \quad (1)$$

$\frac{dP}{dT}$ - bosimning haroratga bog'liqligi;

ΔH – fazalararo o'tish issiqlik effekti;

V_1, V_2 - mavjud fazalarning molyar hajmlari.

Bunda V_2 - yuqoriroq haroratdagi fazaning hajmi.

Bug'lanish va sublimatlanishda suyuq va qattiq fazaning hajmi bug' hajmiga nisbatan juda kichik bo'lganligi uchun ($V_{\text{bug}} \gg V_q, V_s$).

$\Delta V = V_2 - V_1$ (2) ni V_{bug} deb olinadi. Bug'larga ideal gaz qonunlarini qo'llash

mumkinligidan $PV = RT$ dan $V_{\text{bug}} = \frac{RT}{P}$ (3) kelib chiqadi.

Yuqoridagilarni hisobga olib, Klauzius-Klapeyron tenglamasi quyidagicha yoziladi.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{bug}'l}}{RT^2} \text{ yoki } \frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{suyuq}}}{RT^2}$$

$\Delta H_{\text{bug}'l}, \Delta H_{\text{subl}}$ – molyar bug'lanish va sublimatlanish issiqlik effektlari.

Klauzius – Klapeyron tenglamasini qattiq - suyuq muvozanati uchun ham qo'llasa bo'ladi, ya'ni suyuqlanish haroratini tashqi bosimga bog'liqligini aniqlash

uchun. Bunda (1) tenglama $\frac{dP}{dT} = \frac{T(V_s - V_q)}{\Delta H_{\text{suyuq}}}$ ko'rinishda yoziladi.

ΔH_{suyuq} – molyar suyuqlanish issiqligi

V_s, V_q – moddaning suyuq va qattiq holdagi molyar hajmlari.

Masala yechish namunalari.

1-masala. Qattiq fenolning zichligi $-1,072 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, suyuq fenolning zichligi $1,056 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, erish issiqligi $1,044 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$, muzlash harorati $314,2\text{K}$.

Fenolning bosim o'zgariganda erish harorati o'zgarishini dT/dP va bosim 300 marta ortgandagi erish haroratini hisoblang.

Yechish: $\frac{dT}{dP} = \frac{T(V_s - V_q)}{\Delta H_{\text{erish}}}$; $\Delta V = \frac{1}{d_s} - \frac{1}{d_q} = \frac{d_q - d_s}{d_s \cdot d_q}$; lardan foydalanamiz.

ΔV - solishtirma hajmlarning farqi bo'lganligi uchun tenglamada molyar erish issiqligi o'rniga solishtirma erish issiqligini olish mumkin.

$$\frac{dT}{dP} = \frac{T(d_q - d_s)}{\Delta H_{er} d_s \cdot d_q} = \frac{314,2(1,072 \cdot 10^3 - 1,056 \cdot 10^3)}{1,044 \cdot 10^5 \cdot 1,056 \cdot 10^5 \cdot 1,072 \cdot 10^5} = 4,254 \cdot 10^{-8} \text{ grad} \cdot \text{m}^2 / \text{n}.$$

Bosim $1,0132 \cdot 10^5$ Pa ga oshganda harorat oshishi $4,254 \cdot 10^{-8}$ grad·m²/n ni tashkil etadi. Bosim 300 marta oshganda ya'ni $3,0396 \cdot 10^7$ Pa da erish harorati o'zgarishi

$$\Delta T = \frac{dT}{dP} \Delta P = 4,254 \cdot 10^{-8} \cdot 3,0396 \cdot 10^7 = 1,93 \text{ K}$$

$3,0396 \cdot 10^7$ Pa bosimda erish harorati

$$T_{erish} = 314,2 + 1,93 = 316,13 \text{ K}$$

2-masala. 97°C da suv bug'ining bosimi 90919 Pa, 103°C da 112651,8 Pa. 108°C da suv bug'i bosimini hisoblang.

$$\text{Yechish: } \Delta H_{bug'l} = 2,303 \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \lg \frac{P_2}{P_1}$$

$$T_1 = 273 + 97 = 370 \text{ K} \quad T_2 = 273 + 103 = 376 \text{ K} \quad T_3 = 273 + 107 = 380 \text{ K}$$

$$\Delta H_{bug'l} = 2,303 \cdot 8,314 \cdot \frac{370 \cdot 376}{376 - 370} \lg \frac{112651,8}{9091,9} = 41290 \text{ J/mol}$$

Agar yuqoridagi tenglama T_2 va T_3 oraliqda integrallansa, bosim P_2 dan P_3 gacha o'zgaradi. $\Delta H_{bug'l}$ o'zgarimas kattalik ekanligini (tekshirilayotgan harorat oralig'ida) hisobga olib

$$\lg \frac{P_3}{P_2} = \frac{\Delta H_{bug'l}}{2,303} \cdot \left(\frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_3} \right) \text{ ni yozamiz.}$$

Undan:

$$\lg P_3 = \frac{\Delta H_{bug'l}}{2,303} \left(\frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_3} \right) + \lg P_2 = \frac{41290}{2,303 \cdot 8,314} \left(\frac{380 - 376}{380 - 376} \right) + \lg 112651,8 = 0,06 + 5,0518 = 5,1118$$

$P_3 = 129300$ Pa ekanligini topamiz.

3-masala. Dietil efir to'yingan bug'i bosimining o'zgarishi dP/dT 307,9K da ya'ni normal qaynash haroratida $3,53 \cdot 10^3$ Pa·grad.

Bug'lanish issiqligini hisoblang.

$$\text{Yechish: } \frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_{bug'l}}{RT^2} \quad \Delta H_{bug'l} = \frac{RT^2}{P} \cdot \frac{dP}{dT}$$

$$\Delta H_{\text{bug'1}} = \frac{8,31 \cdot 307,9^2}{1,0132 \cdot 10^3} \cdot 3,58 \cdot 10^3 = 27,46 \cdot 10^3 = 2,746 \cdot 10^4 \text{ J/mol};$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Suyuq ruxning 720,4°C dagi bug' bosimi 10853,3 Pa, 836°C da esa 47481,5 Pa. Berilgan haroratlar oralig'ida ruxning o'rtacha bug'lanish issiqligini aniqlang.
2. Yod bug'ining bosimi 90°C da 3572 Pa, 100°C da 6015,15 Pa bo'lsa, 115°C da yod bug'ining bosimini hisoblang.
3. Qo'rg'oshinning yashirin suyuqlanish issiqligi 23,04 J/g, erish harorati 327,4 °C. Suyuq va qattiq holdagi qo'rg'oshinning molyar hajmlari farqi 0,66 sm³/mol. Normal bosimdan 10 marta yuqori bosimda erish harorati qanday o'zgaradi?
4. Suyuq va qattiq simobning uchlanchi nuqtada (234,3 K) gi erish issiqligi va zichliklari 11,8·10³ J/kg, 13,69·10³ kg/m³ va 14,193·10³ kg/m³. Erish harorati 235,33 K ga teng bo'lgandagi bosimni hisoblang.
5. Xlorbenzolning normal qaynash harorati 405,4K; 533,2 Pa bosimda 383,2K da qaynasa, 266,6 Pa bosimda necha gradusda qaynaydi?
1 kmol xlorbenzolning normal qaynash haroratidagi bug'lanish issiqligini hisoblang.
6. Suvning 60°C dagi to'yingan bug' bosimi 19918Pa. 65°C suvning to'yingan bug' bosimini hisoblang va jadvaldagi qiymat 25003Pa bilan solishtiring. 65 °C da suv bug'ining yashirin bug'lanish issiqligi 2347,2 J/g.
7. Benzolning erish harorati 5,49°C. Benzolning suyuq va qattiq holdagi hajmlari farqi ΔV=10,28 sm³/mol. 1,0103·10⁷ Pa bosimda qanaqa haroratda eriydi? Benzolning solishtirma erish issiqligi 125,7 J/g.
8. Bosim 1 Pa ga ortganda $\left(\frac{dT}{dP}\right)$ muzning erish harorati 7,5·10⁻⁸ gradusga pasayadi. Shu vaqtdagi suv hajmining o'zgarishini hisoblang.

$$\Delta V = (V_s - V_{\text{qat}})$$

Muzning solishtirma erish issiqligi 333,7 J/g.

“G’oyaga qarshi faqat g’oya, fikrga qarshi faqat fikr, jaholatga qarshi faqat ma’rifat bilan baxsga kirishish olishish mumkin.

I.A. Karimov

IV - BO'LIM

Suyultirilgan eritmalarining xossalari

Eritmalar konsentratsiyasi.

Ikki yoki undan ortiq komponentdan tashkil topgan bir jinsli gomogen sistema eritma deyiladi. Eritmaning eng muhim xarakteristikasi uning konsentratsiyasidir. Konsentratsiya erituvchi va erigan modda qanday nisbatda (og'irlik yoki hajmiy) olinganini ko'rsatadi.

Konsentratsiya quyidagi usullarda ifodalanadi:

1) Massa ulushi -100g eritmada erigan modda massasi (g) bilan ifodalanadi.

$$\omega = \frac{m}{m_0} \text{ yoki } \omega\% = \frac{m}{m_0} \cdot 100\%$$

m-erigan modda massasi;

m_0 –eritma massasi.

2) Molyar konsentratsiya “C” 1 l eritmada erigan mollar sonini ifodalaydi.

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

n – modda miqdori, g-mol

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

V –eritma hajmi, l.

O'lchov birligi mol/l; mol/dm³.

3) Normal konsentratsiya “C_n” 1 l eritmada erigan g-ekv lar soni.

$$C_n = \frac{m}{\Xi \cdot V},$$

m –erigan modda massasi, g.

Ξ –erigan moddaning g-ekvivalenti,

V – eritma hajmi, l.

O'lchov birligi mol/l; mol/dm³.

4) Molyal konsentratsiya “C_m”– 1000 g (1 kg) erituvchida erigan modda miqdori bilan ifodalanadi.

$$C_m = \frac{n}{q} \text{ yoki } C_m = \frac{m}{M \cdot q},$$

n – erigan modda miqdori, g-mol,

q – erituvchi massasi, kg.

Grammlarda ifodalansa $C_m = \frac{a \cdot 1000}{b \cdot M},$

a - erigan modda massasi, g;

b – erituvchi massasi, g;

M - erigan moddaning molyar massasi, g-mol.

5) Molyar hissa (ulush) – eritmadagi umumiy mollar sonini qancha qismini erigan modda (yoki erituvchi) tashkil etishini ko'rsatadi.

$$N_B = \frac{n_b}{n_a + n_b} - \text{erigan moddaning molyar hissasi.}$$

$$N_A = \frac{n_a}{n_a + n_b} - \text{erituvchining molyar hissasi.}$$

Eritma ikkita komponentdan tashkil topgan bo'lsa, $N_A + N_B = 1$, bundan

$$N_B = 1 - N_A.$$

Eritmaning massa ulushi (ω), zichligi (ρ) ma'lum bo'lsa, uning molyar, normal, molyal konsentratsiyalarini quyidagi formulalar bo'yicha topiladi:

$$C = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{M}; \quad C_n = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{\mathfrak{E}}; \quad C_m = \frac{\omega\% \cdot 1000}{M(1000 - \omega\%)}$$

Raul eritmalarining konsentratsiyalari va erituvchi bug' bosimining pasayishi, muzlash haroratining pasayishi, qaynash haroratining ortishi bilan bog'liqligi to'g'risidagi qonunlarni ta'rifladi.

I-qonun. Uchmaydigan noelektrolit modda saqlagan eritma ustidagi erituvchi to'yingan bug' bosimining nisbiy pasayishi erigan moddaning molyar hissasiga teng.

$$\frac{P^0 - P}{P^0} = N_B;$$

P^0 -toza erituvchining to'yingan bug' bosimi, kPa;

P - eritma ustidagi erituvchining to'yingan bug' bosimi, kPa;

N_B -erigan moddaning molyar hissasi.

II-qonun. Eritma qaynash haroratining ortishi, muzlash haroratining pasayishi eritmaning molyal konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional.

$$\Delta T_q = E \cdot C_m; E - \text{ebulioskopik doimiy}$$

$$\Delta T_m = K \cdot C_m; K - \text{krioskopik doimiy}$$

ΔT_q - eritma qaynash haroratining ortishi

$$\Delta T_q = T_{q \text{ er-ima}} - T_{q \text{ er-chi}}$$

ΔT_m - eritma muzlash haroratining pasayishi

$$\Delta T_m = T_{m \text{ er-chi}} - T_{m \text{ er-ima}}$$

Masala yechish namunalari

1-masala. 200 ml eritmada 1,6g natriy gidroksid erigan. Eritmaning molyar konsentratsiyasini hisoblang.

$$\text{Yechish: Molyar konsentratsiya } C = \frac{m}{M \cdot V}$$

m –erigan modda massasi, g.

M –erigan modda molyar massasi, g-mol

V – eritma hajmi, l.

$$M_{NaOH} = 40$$

$$C = \frac{1,6}{40 \cdot 0,2} = 0,2 \text{ mol/l}$$

2-masala. 5% fruktoza eritmasining molyar konsentratsiyasini hisoblang. Eritmaning zichligi 1,03 g/sm³.

Yechish: 5g fruktoza 100g eritmada erigan. 1 l eritmaning massasi

$$m = \rho \cdot V = 1,03 \cdot 1000 = 1030 \text{ g}$$

5g – 100g

x g — 1030g

$$x = \frac{1030 \cdot 5}{100} = 51,5 \text{ g}$$

Fruktozaning miqdori topamiz: $n = \frac{m}{M} = \frac{51,5}{180} = 0,286$

Eritmaning molyar konsentratsiyasi 0,286 M. $C = 0,286 \text{ M}$.

3-masala. 0,5l eritmada 42,6g $FeCl_3$ erigan. Eritmaning normal konsentratsiyasini aniqlang.

Yechish: 1) $C_H = \frac{m}{\varrho \cdot V}$ formuladan foydalanamiz.

$$2) \varrho_{FeCl_3} = \frac{162,206}{3} = 54,07 \text{ g}$$

$$3) C_H = \frac{42,6}{54,07 \cdot 0,5} = 1,576 \text{ mol/l}$$

4-masala. 15% li sirka kisloata eritmasining molyalligini hisoblang.

Yechish: 85 g - 15 g

1000 g — x g (x=m)

$$m_x = \frac{15 \cdot 1000}{85} = 176,46 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{176,46}{60} = 2,941 \text{ mol}$$

$$\text{yoki } C_m = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot q} = \frac{15 \cdot 1000}{60 \cdot 85} = 2,941 \text{ mol}$$

Demak, $C_m = 2,941 \text{ M}$

5-masala. Glyukozaning 40% li suvli eritmasidagi glyukoza ($C_6H_{12}O_6$) va suvning molyar hissalarini hisoblang.

Yechish: Molyar hissa $N_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$ bo'yicha hisoblanadi.

n_i - modda miqdori,

$\sum n_i$ - eritmada moddalar miqdorlari yig'indisi.

100 g eritmada 40 g $C_6H_{12}O_6$ va 60 g H_2O bor. $M_{C_6H_{12}O_6} = 180$; $M_{H_2O} = 18$

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{40}{180} = 0,2 \text{ mol} \quad n_{H_2O} = \frac{60}{18} = 3,5 \text{ mol}$$

$$n_{C_6H_{12}O_6} + n_{H_2O} = 0,2 + 3,5 = 3,7 \text{ mol}$$

$$N_{C,H_2O} = \frac{0,2}{3,7} = 0,1 \text{ yoki } 10 \%$$

$$N_{H_2O} \frac{3,5}{3,7} = 0,9 \text{ yoki } N_{H_2O} = 1 - 0,1 = 0,9 \text{ ya'ni } 90 \%$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 0,02 l eritmada 2,74g K_2SO_4 erigan. Eritmaning molyar konsentratsiyasini hisoblang.
2. $0,8m^3 Fe_2(SO_4)_3$ eritmasining normal, molyal konsentratsiyasini va massa ulushini aniqlang. Eritmaning zichligi 1 g/sm^3 .
3. Zichligi $1,246 \text{ g/sm}^3$ bo'lgan 8n HNO_3 eritmasining massa ulushi va molyalligini hisoblang. Ushbu eritmada HNO_3 va H_2O larning molyar hissalari qanday?
4. Zichligi $1,825 \text{ g/sm}^3$ bo'lgan 91,0% li sulfat kislota eritmasining normal, molyar va molyal konsentratsiyalarini hisoblang.
5. 4,7 n $NaOH$ eritmasining molyalligini hisoblang. Eritmaning zichligi $1,175 \text{ g/sm}^3$.
6. 47,0 % li spirtning suvli eritmasini molyar va molyalligini hisoblang. Eritmaning zichligi $0,904 \text{ g/sm}^3$.
7. 40% $NaOH$ eritmasidagi $NaOH$ va H_2O ning molyar hissalarini hisoblang.
8. Sulfat kislota eritmasining konsentratsiyasi 577 g/l. Eritmaning zichligi $1,335 \text{ g/sm}^3$, eritmaning a) massa ulushini, b) molyar va molyalligini v) sulfat kislota ning molyar hissasini hisoblang.
9. 1000g suvda 245,7g KCl erigan. Eritmaning zichligi $21^\circ C$ da $1,1310 \text{ g/sm}^3$. Eritmaning: molyarligi, normalligi, molyalligini, massa ulushi va molyar hissalarini hisoblang.
10. 4,5g suvda 6,84g qand erigan. Qand va suvning molyar hissalarini hisoblang.

Eritmalarning osmotik bosimlari

Agar erituvchi qatlami bilan eritma qatlami yarim o'tkazgich membrana bilan ajratilsa, erituvchi molekulalarining membrana orqali bir tomonlama diffuziyasi sodir bo'ladi. Erituvchining yarim o'tkazgich parda orqali o'z-o'zidan eritmaga o'tishi osmos hodisasi deyiladi. Osmos hodisasini to'xtatish uchun eritmaga berilishi kerak bo'lgan gidrostatik bosim osmotik bosim deyiladi.

Osmos hodisasi o'simlik va hayvon organizmlari hayotida muhim rol o'ynaydi. Vant-Goff osmotik bosimni eritma konsentratsiyasiga va haroratga bog'liqligini ifodalovchi qonunni ta'rifladi: **Agar erigan modda gaz holatida bo'lib, eritma hajmiga teng hajmni egallaganda edi, gazning bosimi eritmaning osmotik bosimiga teng bo'lar edi.**

$$\pi = CRT \text{ yoki } \pi = \frac{n}{V}RT \quad (1) \text{ bu tenglama Mendeleev-Klapeyron tenglamasiga}$$

mos keladi: $PV = nRT$ bunda

n – modda miqdori, g-mol;

T – absolyut harorat, K;

C – eritmaning molyar konsentratsiyasi, mol/l (mol/dm³);

R – universal gaz doimiysi, 8,31 J/mol·K.

Tekshirishlar shuni ko'rsatdiki, 10⁻² mol/l dan kichik konsentratsiyalarda Vant-Goff qonuni to'g'ri natija beradi. Yuqori konsentratsiyalarda Vant-Goff tenglamasida molyar konsentratsiya o'rniga molyal konsentratsiyadan foydalanish to'g'riroq bo'ladi

$$\pi = CRT = \frac{a \cdot 1000}{b \cdot M}RT \quad (2) \text{ bunda}$$

a – erigan modda massasi, g;

b – erituvchi massasi, g;

M – erigan modda molyar massasi.

Ideal eritmalarda barcha konsentratsiyalar uchun osmotik bosimni quyidagi tenglamalar bo'yicha hisoblash mumkin.

$$\pi = \frac{RT}{V} \ln \frac{P_A}{P_A^0} \text{ yoki } \pi = -\frac{RT}{V} \ln(1 - N_B) \quad (3)$$

P_A^0 - toza erituvchi ustidagi to'yingan bug' bosimi, kPa;

P_A - eritma ustidagi erituvchining partial bug' bosimi, kPa;

V - erituvchining molyar hajmi (erituvchi molyar massasini uning zichligiga nisbati)

N_B - erigan moddaning molyar hissasi.

Osmotik bosim qiymati eritmadagi zarrachalar soniga bog'liq, lekin ularning massasi, o'lchami va shakliga bog'liq emas. Zarrachalarning (molekula, ion, ionlashmagan kolloid zarracha) konsentratsiyalarining yig'indisi osmotik konsentratsiya deyiladi.

Har bir molekula n ta ionga dissotsiatsiyalanadigan moddning C_m molyal konsentratsiyali eritmasidagi dissotsiatsiya darajasi α bo'lgan elektrolitlar eritmaları uchun osmotik konsentratsiya $C_{osm} = C \cdot \alpha \cdot n + C_m(1-\alpha)$ (4) bo'ladi.

Bundan $C_{osm} = C[1 + \alpha(n-1)]$ (5).

Tajribada aniqlangan osmotik bosimning (1) va (2) tenglamalar bo'yicha nazariy hisoblangan qiymatidan qancha marta ortiq ekanligini ko'rsatuvchi kattalik izotonik koeffitsient deyiladi va i harfi bilan belgilanadi.

$$i = \frac{\pi_{tajr}}{\pi_{naz}} = \frac{C_{osm} RT}{CRT} \quad (6) \text{ bundan}$$

$$C_{osm} = iC \quad (7)$$

(5) va (7) tenglamalardan $i = 1 + \alpha(n-1)$ (8)

Binar elektrolitlar uchun n 2ga tehg va (8) tenglama $i = 1 + \alpha$ yoki $\alpha = i - 1$ (9)

(α - dissotsiatsiya darajasi)

(8) tenglamadan $\alpha = \frac{i-1}{n-1}$ (10) kelib chiqadi.

Yuqoridagi aytilganlardan kelib chiqib, kuchsiz elektrolitlarning suyultirilgan eritmalarining osmotik bosimlari quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$\pi = iCRT \quad (11)$$

Kuchli elektrolitlar Debay-Xyukkel nazariyalari bo'yicha eritmada to'la dissotsialangan bo'ladi, ya'ni $\alpha = 1$. U holda (8) tenglama $i = n$ ko'rinishda bo'ladi. (11) tenglama esa

$\pi = nCRT$ (12) bo'ladi.

Kuchli elektrolit eritmalarining tajribada aniqlangan osmotik bosimlari hamma vaqt (12) tenglama bo'yicha nazariy hisoblangan qiymatidan kichik bo'ladi. Bu hol ionlar orasidagi elektrostatik tortish kuchlari ta'sirida ularning aktivligi kamayishi bilan tushuntiriladi. Buning natijasida ular to'liq dissotsiatsiyalanmagandek tuyuladi. Shuning uchun kuchli elektrolitlar dissotsiatsiya darajasini hisoblaganda ularning haqiqiy dissotsiatsiya darajasi emas, ularning eritmadagi "kuzatilayotgan" dissotsiatsiya darajasi hisoblanadi. Kuchli elektrolitlarda tajribada aniqlangan osmotik bosimning (12) tenglama bo'yicha hisoblangan osmotik bosimga nisbati osmotik koeffitsient deyiladi va f harfi bilan belgilanadi

$$f = \frac{\pi_{\text{haj}}}{\pi_{\text{int}}}$$

Osmotik bosimlari teng bo'lgan eritmalar izotonik eritmalar deyiladi.

Masala yechish namunalari

1-masala. 0,8l eritmada 42g mochevina $(NH_2)_2CO$ erigan. Eritmaning $25^\circ C$ dagi osmotik bosimini hisoblang.

Yechish: Osmotik bosimni hisoblash formulasi $\pi = \frac{n}{V} RT$

Mochevinaning eritmadagi miqdorini aniqlaymiz. $n = \frac{m}{M}$

$$M_{(NH_2)_2CO} = 60; n = \frac{42}{60} = 0,7$$

$$\pi = \frac{0,7}{0,8} \cdot 8,31 \cdot 298 = 2167,875 \cdot 10^3 = 2,17 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

2-masala. 625ml eritmada 7,5g noelektrolit erigan. Eritmaning 285K dagi osmotik bosimi $8,307 \cdot 10^4$ Pa bo'lsa, erigan moddaning molyar massasini aniqlang.

Yechish: $\pi = \frac{n}{V} RT$ tenglamadan foydalanamiz. $n = \frac{m}{M}$ ni qo'ysak,

$$\pi = \frac{m}{MV} RT \text{ bundan } M = \frac{mRT}{\pi V} = \frac{7,5 \cdot 8,31 \cdot 285}{0,625 \cdot 10^{-3} \cdot 8,307 \cdot 10^4} = 342,15 \text{ g/mol}$$

Demak, $M=342,15 \text{ g/mol}$

3-masala. 1 mol kaliy bromid 8 l suvda eritilishdan hosil bo'lgan eritmaning 25°C dagi osmotik bosimi $5,63 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Kaliy bromidning suvdagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.

Yechish: $M_{KBr} = 119$. Eritmaning molyal konsentratsiyasini topamiz.

$$C_M = \frac{a \cdot 1000}{b \cdot M} = \frac{119 \cdot 1000}{8000 \cdot 119} = 0,125 \text{ mol/kg}$$

$$\pi = iCRT \text{ dan } i = \frac{\pi}{C_M RT} = \frac{5,63 \cdot 10^5}{0,125 \cdot 8,31 \cdot 298} = 1,817$$

$$n = 2; \alpha = i - 1 = 1,817 - 1 = 0,817$$

$\alpha = 0,817$ yoki $81,7 \%$.

4-masala. Mochevinaning suvli eritmasi 27°C da $0,5\text{M}$ kaltsiy xlorid eritmasi bilan izotonik. Kaltsiy xloridning dissotsiatsiya darajasi $65,4\%$. Mochevina eritmasining konsentratsiyasini hisoblang.

Yechish: Mochevina eritmasining osmotik bosimini $\pi_M = CRT$, kaltsiy xlorid eritmasining osmotik bosimini $\pi_{CaCl_2} = iCRT$ tenglama bo'yicha hisoblanadi.

Eritmalar izotonik bo'lgani uchun $\pi_M = \pi_{CaCl_2}$ undan $C_{mooch} = iC_{CaCl_2}$ kelib chiqadi.

$CaCl_2$ uchun $n = 3$

$$i = 1 + \alpha(n - 1) = 1 + 0,65(3 - 1) = 2,3$$

Demak, $C_M = 2,3 \cdot 0,5 = 1,154 \text{ mol/l}$

5-masala. $0,05 \text{ M}$ rux sulfat eritmasining 0°C da tajribada aniqlangan osmotik bosimi $1,59 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Eritmaning osmotik koeffitsienti hisoblang.

Yechish: Kuchli elektrolitlar eritmasining osmotik bosimini tenglama bo'yicha nazariy hisoblaymiz.

$$\pi_{naz} = nCRT = 2 \cdot 0,05 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 273 = 2,27 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Osmotik koeffitsient } f = \frac{\pi_{taj}}{\pi_{naz}} = \frac{1,59 \cdot 10^5}{2,27 \cdot 10^5} = 0,7$$

Mustaqil eychish uchun masalalar

- 1% saxaroza eritmasining 22°C dagi osmotik bosimi hisoblansin.
- 0,6% mochevina eritmasining zichligi 1 g/sm^3 . Eritmaning 0°C va 27°C dagi osmotik bosimlari hisoblansin.
- 0,5l eritmada $1,52 \cdot 10^{23}$ ta noelektrolit modda molekulasini bor. Ushbu eritmaning 0°C va 30°C lardagi osmotik bosimlari hisoblansin.
- 0°C dagi osmotik bosim 454 Pa bo'lgan glyukoza eritmasining massa ulushini hisoblang. Eritmaning zichligi $\rho = 1,013\text{ g/sm}^3$.
- Glitserin eritmasining 291K dagi osmotik bosimi $3,039 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Eritmani 3 marta suyultirilsa, haroratni 37°C gacha oshirilsa, uning osmotik bosimi qanday bo'ladi?
- Noelektrolit modda eritmasining 290K dagi osmotik bosimi $4,82 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Eritmaning 57°C dagi osmotik bosimi hisoblansin.
- 3 l eritmada $18,6\text{g}$ anilin erigan. Necha gradusda uning osmotik bosimi $2,84 \cdot 10^5\text{ Pa}$ ga teng bo'ladi?
- Dengiz suvining tarkibi $\text{NaCl} = 27,2\text{ g/l}$; $\text{MgCl}_2 = 3,4\text{ g/l}$; $\text{MgSO}_4 = 2,3\text{ g/l}$; $\text{CaSO}_4 = 1,1\text{ g/l}$; $\text{KCl} = 0,6\text{ g/l}$. Ushbu suvning 298K dagi osmotik bosimini hisoblang. Tuzlarning dissotsiatsiya darajalari 1 ga teng deb oling.
- Noelektrolit moddaning molekulyar massasi $123,11$. 20°C dagi osmotik bosimi $4,56 \cdot 10^5\text{ Pa}$ bo'lishi uchun 1 l eritmada qancha noelektrolit modda erigan bo'lishi kerak?
- 3 l eritmaning 283 K dagi osmotik bosimi $1,2 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Eritmaning molyalligini hisoblang.
- 200 sm^3 suvda $0,368\text{g}$ noelektrolit modda erigan. Uning 20°C dagi osmotik bosimi $7,46 \cdot 10^4\text{ Pa}$. Eritmaning molyar massasini hisoblang.
- $0,5\text{ l}$ eritmada 2g noelektrolit erigan. Eritmaning 0°C dagi osmotik bosimi $5,4 \cdot 10^4\text{ Pa}$. Noelektrolitning molyar massasi hisoblansin.
- Gemoglobin 124 g/l li suvli eritmasining osmotik bosimi 17°C da $0,0435\text{atm}$. Gemoglobin molyar massasini hisoblang.

14. 1 l eritmada 12g modda erigan. Uning 17°C dagi osmotik bosimi $4,82 \cdot 10^5$ Pa.
Eritgan moddaning molyar massasini aniqlang.
15. 0,5% li (MgCl_2) magniy xlorid eritmasining zichligi 1 ga teng, dissotsiatsiya darajasi 75%. Eritmaning 18°C dagi osmotik bosimi hisoblansin.
16. 0,05M elektrolit eritmasining 0°C dagi osmotik bosimi $2,725 \cdot 10^5$ Pa.
Elektrolitning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 70%. Elektrolit molekulasi nechta ionga dissotsiatsiyalanadi?
17. 0,2M NaOH eritmasining izotonik koeffitsienti 1,8 ga teng. Eritmaning 10°C dagi osmotik bosimini hisoblang.
18. $9 \cdot 10^{-4}$ n KNO_3 eritmasi 50°C da 50%-li saxarozaning suvli eritmasi bilan izotonik. Saxaroza eritmasining zichligi $1,23 \text{ g/sm}^3$. KNO_3 eritmasining izotonik koeffitsientini hisoblang.
19. 0,1n MgCl_2 eritmasining dissotsiatsiya darajasi 0,75. eritmaning izotonik koeffitsientini hisoblang.
20. 18°C da 1 l eritmada 0,4359 mol shakar erigan. Bu eritma 1 l ida 14,616g osh tuzi erigan eritma bilan izotonik. Natriy xloridning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini aniqlang.
21. 0,5% MgCl_2 eritmasining 18°C dagi osmotik bosimi $3,2 \cdot 10^5$ Pa Eritmaning zichligi 1 g/sm^3 deb hisoblab, MgCl_2 ning dissotsiatsiya darajasini hisoblang.
22. 0,25n NaCl eritmasi 18°C da 0,44M glyukoza eritmasi bilan izotonik bo'lsa, NaCl ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.
23. Osh tuzining teri ostiga yuboriladigan fiziologik eritmasi, odam tana harorati (37°C) da osmotik bosimi $8,104 \cdot 10^5$ Pa bo'lgan qon bilan izotonik. Osh tuzi to'la dissotsiatsiyalanadi deb hisoblab, uning konsentratsiyasi (%) ni aniqlang.
24. 1 litr bariy nitrat va alyuminiy sulfat eritmalaridagi mollar soni teng. Ikkala tuzning dissotsiatsiya darajalari teng bo'lsa, qaysi eritmaning osmotik bosimi yuqori bo'ladi?
25. 0,6% li mochevina va sirka kislotasi eritmalarini izotonik bo'ladimi? Sirka kislotaning dissotsiatsiya darajasi 0,01. Eritmalarning zichliklari teng.

26. Dissotsiatsiya darajasi 0,6 bo'lgan $K_4[Fe(CN)_6]$ eritmasining izotonik va osmotik koeffitsientlarini hisoblang.
27. Qurbaqa qonining $7^\circ C$ dagi osmotik konsentratsiyasi 0,22 mol/l bo'lsa, uning osmotik bosimini hisoblang.

Suyultirilgan eritmalarining bug' bosimi

Eritmalarining to'yingan bug' bosimi muhim ahamiyatga ega, chunki bir qator boshqa xossalari unga bog'liqdir. Tajriba shuni ko'rsatadiki, doimiy haroratda har qanday erituvchida biror bir uchmaydigan modda eritilsa, uning ustidagi to'yingan bug' bosimi pasayadi. Bundan shunday xulosaga kelish mumkin: eritma ustidagi to'yingan bug' bosimi toza erituvchining to'yingan bug' bosimidan kichik bo'ladi. Eritma konsentratsiyasi qancha yuqori bo'lsa, bug' bosimining pasayishi shuncha ko'p bo'ladi.

Frantsuz fizigi Raul eritma ustidagi erituvchi bug' bosimining nisbiy pasayishi erigan moddaning molyar hissasiga teng ekanligini aniqladi.

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = N_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \quad (1)$$

$P_A^0 - P_A$ - to'yingan bug' bosimining absolyut pasayishi,

$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0}$ - to'yingan bug' bosimining nisbiy pasayishi,

P_A^0 - toza erituvchining to'yingan bug' bosimi,

P_A - eritma ustidagi to'yingan bug' bosimi,

N_B - erigan moddaning molyar hissasi.

Erigan modda ham uchuvchan bo'lsa, eritma ustidagi umumiy bug' bosimi ikkala komponent partial bug' bosimlarining yig'indisiga teng bo'ladi.

$$P_{umumiy} = P_A + P_B \quad \text{va} \quad P_A = P_A^0 \cdot N_A^C \quad (2) \quad P_B = P_B^0 \cdot N_B^C \quad \text{bo'ladi.}$$

N_A - erituvchining molyar hissasi. (2) tenglama Raul I qonunining matematik ifodasi. Unga binoan: Doimiy haroratda eritma ustidagi erituvchining partial bug'

bosimi uning molyar hissasiga to'g'ri proporsional. Juda suyultirilgan eritmalar

$$\text{uchun: } n_B \ll n_A \quad \frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A} \quad (3)$$

$$N_A + N_B = 1 \text{ ekanligi hisobga olinsa, } P_A = P_A^0(1 - N_B) \quad (4)$$

Agar erigan modda dissotsiatsiyalansa (1) tenglama

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = i \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad (5) \text{ ko'rinishda yoziladi.}$$

Hamma konsentratsiyalarda Raul qonuniga bo'ysunadigan eritmalar ideal eritmalar deyiladi. Ideal eritmalar tuzilishi, kimyoviy tarkibi, polyarligi o'xshash moddalar hosil qiladi. Bu moddalarning molekulari orasidagi o'zaro ta'sirlanish kuchi, har xil molekular orasidagi o'zaro ta'sirlashish kuchiga teng bo'ladi.

$$F_{A-A} = F_{A-B} = F_B$$

Benzol – toluol, geksan – oktan sistemalari ideal eritma hisoblanadi. Bular aralashtirilganda issiqlik effekti kuzatilmaydi va hajm o'zgarmaydi ($\Delta H = 0$) va

$$(\Delta V = 0) \quad V_{\text{mixture}} = V_1 + V_2$$

Ideal eritmalarda komponentlarning bug' bosimlari ularning molyar hissalariga proporsional (2 tenglama) A va B komponentlardan tashkil topgan ideal eritmalar tarkib-bug' bosimi diagrammasida partsiyal bug' bosimlarining tarkibga bog'liqligi to'g'ri chig'iqalar bilan ifodalanadi.

Umumiy bug' bosimining suyuq aralashma tarkibiga bog'liqligi

$$P_{\text{mixture}} = P_A + P_B = P_A N_A + P_B N_B \quad (6)$$

Umumiy bug' bosimining tarkibga bog'liqligi ham ideal eritmalarda to'g'ri chig'iq bilan ifodalanadi. Real eritmalar Raul qonuniga bo'ysunmaydi. Ularda komponentlarning partsiyal bug' bosimlari va umumiy bug' bosimi Raul qonuni bo'yicha nazariy hisoblangandan ko'ra ko'p yoki kam bo'lishi mumkin. Bunda Raul qonunidan musbat va manfiy chetlanish kuzatiladi.

Musbat chetlanishda $F_{A-A} > F_{A-B} < F_{B-B}$ bir yoki ikkala komponentlarning assotsiatsiyalangan molekulari parchalanib, eritmadagi molekular soni toza

erituvchilikidan ko'p bo'ladi. Bunda sistemaning hajmi ortadi $\Delta V > 0$ va issiqlik yutiladi $\Delta H > 0$.

Manfiy chetlanishda $F_{A-A} < F_{A-B} > F_{B-B}$ eritma hosil bo'lishi issiqlik ajralishi $\Delta H < 0$ va hajm kamayishi $\Delta V < 0$ sodir bo'ladi.

Bug'dagi A va B komponentlarning partial bug' bosimlari Dalton qonuni bo'yicha $P_A = P_{umumi} \cdot N_A^{bug'}$ (7) $P_B = P_{umumi} \cdot N_B^{bug'}$ (8) bilan ifodalanadi.

(2) va (7), (8) tenglamalardan

$$P_A^0 \cdot N_A^C = P_{umumi} \cdot N_A^b, \quad P_B^0 \cdot N_B^C = P_{umumi} \cdot N_B^b$$

Ulardan

$$N_A^r = \frac{P_A^0}{P_{umumi}} \cdot N_A^C \quad (10) \quad N_B^r = \frac{P_B^0}{P_{umumi}} \cdot N_B^C$$

Ideal eritma qonunlariga bo'ysunmaydigan sistemalarda (10) tenglamadan sezilarli chetlanish kuzatiladi.

Yoshlik tez o'tib ketadigan kamchilik

I. Gyote

V - BO'LIM

Konovalov qonunlari

Suyuqliklar aralashmasini haydash

Konovalov birinchi qonuniga binoan, suyuq fazada berilgan komponent miqdorini ortishi, bug'da ham uning miqdorini oshishiga olib keladi. Ikki komponentli sistemada bug'ning tarkibi u bilan muvozanatda turgan suyuqlikka qo'shilganda uning umumiy bug' bosimini oshiradigan, ya'ni qaynash haroratini pasaytiradigan komponentga boy bo'ladi.

Konovalov ikkinchi qonuniga muvofiq umumiy bug' bosimi diagrammasidagi maksimum va minimumlarga to'g'ri keladigan nuqtalardagi eritmalar tarkibi bug'ning tarkibi bilan bir xil bo'ladi.

Tashqi bosim ortganda qaynash harorati ortadi. Agar suyuqliklar aralashmaydigan bo'lsa, istalgan tarkibda har ikkala komponentning partial bosimlari ularning toza holdagi bug' bosimlariga teng bo'ladi.

$$P_{\text{umman}} = P_A + P_B = P_A^0 + P_B^0 \quad (11)$$

Bir-birida aralashmaydigan A va B suyuqliklar sistemasini haydaganda ularning kondensatdagi miqdorlari nisbati

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{P_A^0}{P_B^0} \quad (12) \text{ bo'ladi.}$$

n_A, n_B - A va B moddalarning kondensatdagi mollar soni,

P_A^0, P_B^0 - toza erituvchilar ustidagi bug' bosimi.

$$n_A = \frac{m_A}{M_A}, \quad n_B = \frac{m_B}{M_B} \text{ ligidan}$$

$$\frac{P_A^0}{P_B^0} = \frac{m_A \cdot M_B}{m_B \cdot M_A} \text{ yoki } \frac{m_A}{m_B} = \frac{M_B \cdot P_A^0}{M_A \cdot P_B^0} \quad (13)$$

Suv bug'i bilan haydaganda $M_B = 18$

$$\frac{m_A}{m_{H_2O}} = \frac{M_B \cdot P_A^0}{18 \cdot P_B^0} \quad (14)$$

Tenglamaning chap tarafı bir birlik A modda uchun sarflanadigan suv miqdorini ko'rsatadi.

Kondensat tarkibidagi suyuqliklar massa ulushini $G_A = \frac{m_A}{m_{H_2O} + m_A} \cdot 100 \quad (15)$ yoki

$$G_A = \frac{P_A^0 \cdot M_A}{18 \cdot P_{H_2O}^0 + P_A^0 \cdot M_A} \cdot 100 \quad (16) \text{ tenglamalari bo'yicha hisoblanadi.}$$

$$G_{H_2O} = 100 - G_A$$

Masala yechish namunalari

1-masala. 27g glyukoza 90g suvda erishidan hosil bo'lgan eritmaning 50°C dagi bug' bosimini hisoblang. Suvning shu haroratdagi bug' bosimi 12320 Pa.

$$\text{Yechish: } \frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A + n_B}, \quad M_{C_6H_{12}O_6} = 180, \quad M_{H_2O} = 18$$

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{27}{180} = 0,15 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{90}{18} = 5,0 \text{ mol}$$

$$P_A = P_A^0 - P_A^0 \cdot \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

$$P_A = 12320 - 12320 \cdot \frac{0,15}{0,5 + 5} = 11961,17 \text{ Pa}$$

2-masala. 6,18g anilin 740g efirda erigan. 30°C da eritmaning bug' bosimi 85800 Pa. Erituvchining shu haroratdagi bug' bosimi 86380 Pa. Anilinning molekulyar massasini aniqlang.

Yechish: $\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A + n_B}$, $n_B = \frac{n_A \cdot M_B}{M_A}$

$$n_{\text{anilin}} = \frac{m_{\text{anilin}}}{M_{\text{anilin}}}, n_{\text{efir}} = \frac{m_{\text{efir}}}{M_{\text{efir}}}$$

$$n_{\text{anilin}} = \frac{6,18}{M_{\text{anilin}}}, n_{\text{efir}} = \frac{740}{74} = 10 \text{ mol}$$

$$\frac{86380 - 85800}{86380} = \frac{\frac{6,18}{M_{\text{anilin}}}}{10 \text{ mol} \cdot \frac{6,18}{M_{\text{anilin}}}}$$

$$6,71 \cdot 10^{-3} = \frac{6,18}{10 \text{ mol} + 6,18}$$

$$M_{\text{anilin}} = 91,5 \text{ g/mol}$$

3-masala. 12g natriy nitrat 138g suvda erigan. Eritmaning 20°C dagi bug' bosimi 2268,8 Pa. Shu haroratda suvning bug' bosimi 2337,8 Pa. NaNO_3 ning ushbu eritmadagi dissotsiatsiya darajasini aniqlang.

Yechish: Elektrolit eritmasi uchun Raul qonuni $\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = i \frac{n_B}{n_A + n_B}$,

$$M_{\text{NaNO}_3} = 85 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol}$$

$$n_A = \frac{138}{18} = 7,667 \text{ mol}$$

$$n_B = \frac{12}{85} = 0,141 \text{ mol}$$

$$i = \frac{(P_A^0 - P_A)(n_A + n_B)}{P_A^0 \cdot n_B}$$

$$i = \frac{(2337,8 - 2268,8)(7,667 + 0,141)}{2337,8 \cdot 0,141} = 1,634$$

$$i = 1 - \alpha(n-1) \text{ edi. Undan } \alpha = \frac{i-1}{n-1}, n=2$$

$$\alpha = \frac{1,634-1}{2-1} = 0,634$$

Demak, NaNO_3 ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi $\alpha = 63,4\%$

4-masala. 6,4g naftalin (C_{10}H_8) ning 117g benzol (C_6H_6) da erishidan hosil bo'lgan eritma 80°C da qaynaydi. Bu haroratda toza benzolning bug' bosimi 100500 Pa bo'lsa, atmosfera bosimini hisoblang.

Yechish: Qaynash haroratida eritma ustidagi bug' bosimi atmosfera bosimiga teng bo'ladi. Eritma ustidagi bug' bosimi P_A ni hisoblasak, atmosfera bosimini topgan bo'lamiz.

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = \frac{n_B}{n_A + n_B} \text{ dan } P_A = P_A^0 \left(1 - \frac{n_B}{n_A + n_B}\right)$$

$$M_{\text{C}_{10}\text{H}_8} = 128 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{C}_6\text{H}_6} = 78 \text{ g/mol}$$

$$n_A = \frac{117}{78} = 1,5 \text{ mol}$$

$$n_B = \frac{6,4}{128} = 0,05 \text{ mol}$$

$$P_A = 100500 \left(1 - \frac{0,05}{1,5 + 0,05}\right) = 97258 \text{ Pa}$$

$$P_A = P_{\text{atm}} \quad P_{\text{atm}} = 97258 \text{ Pa}$$

5-masala. Benzol va toluol ideal eritma hosil qiladi. 293K da benzolning molyar hissasi 40% bo'lgan suyuq faza ustidagi umumiy bug' bosimini va bug' faza tartibini (molyar hissalarda) hisoblang. 20°C da toza benzol va toluolning bug' bosimlari $1,020 \cdot 10^4$ va $3,27 \cdot 10^3$ Pa.

Yechish: Suyuq fazadagi benzol va toluolning mol ulushlarini topib olamiz.

Masala shartiga ko'ra $N_{\text{benzol}} = 0,4$. Demak, $N_{\text{toluol}} = 1 - 0,4 = 0,6$

Benzol va toluolning partzial bug' bosimlarini hisoblaymiz.

$$P_b = P_b^0 \cdot N_b = 1,02 \cdot 10^4 \cdot 0,4 = 4,08 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$$

$$P_t = P_t^0 \cdot N_t = 0,327 \cdot 10^4 \cdot 0,6 = 1,962 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$$

Eritma ustidagi umumiy bug' bosimi

$$P_{\text{umumiy}} = P_b + P_t = 4,08 \cdot 10^3 + 1,962 \cdot 10^3 = 6,042 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$$

Bug'dagi mol ulushlarni quyidagicha hisoblaymiz.

$$N_b = \frac{P_b^0}{P_{\text{umumiy}}} \cdot N_b^C = \frac{1,020 \cdot 10^4}{6,042 \cdot 10^3} \cdot 0,4 = 0,675 \text{ yoki } 67,5 \%$$

$$N_t = \frac{P_t^0}{P_{\text{umumiy}}} \cdot N_t^C = \frac{3,27 \cdot 10^3}{6,042 \cdot 10^3} \cdot 0,6 = 0,325 \text{ yoki } 32,5 \%$$

Shunday qilib, oson uchuvchi komponent miqdori suyuqlikka qaraganda bug'da ko'proq.

$$t_{\text{qog'ni}}^{\text{hariz}} = 80,10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{qog'ni}}^{\text{sovuq}} = 110,63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6-masala. Ikki o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar anilin suv sistemasi ustidagi bug' bosimi 371 K da $9,999 \cdot 10^4$ Pa. Shu haroratda suvning bug' bosimi $9,426 \cdot 10^4$ Pa. Tashqi atmosfera bosimi $9,999 \cdot 10^4$ Pa bo'lganda 1 kg anilinni haydash uchun qancha suv olish kerak?

Yechish: 371K da anilinning bug' bosimini hisoblaymiz.

$$P_{\text{anilin}} = P_{\text{umumiy}} - P_{\text{suv}}$$

$$P_{\text{anilin}} = 9,999 \cdot 10^4 - 9,426 \cdot 10^4 = 5,73 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\frac{m_A}{m_{H_2O}} = \frac{M_A \cdot P_A^0}{18 \cdot P_{H_2O}^0} \text{ ga binoan}$$

$$M_{\text{anilin}} = 93 \text{ g/mol}$$

$$\frac{m_{\text{anilin}}}{m_{H_2O}} = \frac{93 \cdot 5,73 \cdot 10^3}{18 \cdot 9,426 \cdot 10^4} = 0,314$$

$$m_{\text{suv}} = \frac{m_{\text{anilin}}}{0,314} = 3,185$$

1 kg anilinni haydash uchun 3,185 kg suv kerak.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Suv bug'ining 65°C dagi bug' bosimi 25003 Pa. 34,2g shakar $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ning 90g suvdagi eritmasining shu haroratdagi bug' bosimini hisoblang.
2. 50°C da suvning to'yingan bug' bosimi 12334 Pa. 900g suvda 50g etilenglikol erigan bo'lsa, eritmaning shu haroratdagi bug' bosimini hisoblang.
3. 20°C da 6,4g naftalinning 90g benzoldagi eritmasi ustidagi bug' bosimini hisoblang. Shu haroratda toza benzolning bug' bosimi 9953, 82 Pa.
4. 303 K da bug' bosimi 2666 Pa ga kamayishi uchun uchun 50 mol efirda necha mol noelektrolit eritish kerak? 30°C da efirming bug' bosimi $8,64 \cdot 10^4$ Pa.
5. 100°C da 1%-li natriy xlorid eritmasining bug' bosimini hisoblang. Tuzning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 1 ga teng.
6. 303K da eritmaning bug' bosimi 266,5 Pa ga pasayishi uchun 90g suvda necha gramm glitserin eritish kerak? Ushbu haroratda suvning bug' bosimi 4242,3 Pa.
7. 60g naftalinning 200g benzoldagi eritmasining 40°C dagi bug' bosimini hisoblang. Bu haroratda benzolning bug' bosimi 24144,6 Pa.
8. Glitserinning 270g da suvda eritmasi ustidagi bug' bosimi 70°C da 30470 Pa. Berilgan haroratda suvning bug' bosimi 31157 Pa bo'lsa, eritmada qancha glitserin erigan?
9. 0,4mol anilinning 3,04 kg uglerod sulfidagi eritmasining berilgan haroratdagi bug' bosimi 1003,7 Pa. Shu haroratda uglerod sulfidning bug' bosimi $1,0133 \cdot 10^5$ Pa. Uglerod sulfidning molyar massasini hisoblang.
10. 200g atsetonda 10,5g noelektrolit erigan. Eritma ustidagi bug' bosimi 21854,40 Pa. Atsetonning shu haroratdagi bug' bosimi 23939,35 Pa. Erigan moddaning molyar massasini hisoblang.
11. Efirming 293K da bug' bosimi 58920 Pa. 12,2g benzoy kislotasining 100g efirdagi eritmasining shu haroratdagi bug' bosimi esa 54790 Pa. Benzoy kislotasining molekulyar massasini hisoblang.

12. 66,6g kaltsiy xlorid 90g suvda erigan. Eritmaning 90°Cdagi bug' bosimi 56690 Pa. Shu haroratda suvning bug' bosimi 70101Pa bo'lsa, izotonik koeffitsientni hisoblang.
13. 178,5g kaliy bromidning 900g suvdagi eritmasi uchun izotonik koeffitsient 1,7ga teng. 50°C da suvning bug' bosimi 12334 Pa bo'lsa, shu haroratda eritma ustidagi bug' bosimini hisoblang.
14. Normal atmosfera bosimi 101325 Pa da 7,5% kaliy xloridning suvdagi eritmasi 101°C da qaynaydi. Suvning bug' bosimi 101°C 104974 Pa. Tuzning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.
15. 500g suvda 31,5g kaltsiy nitrat erigan. 17°C da eritmaning bug' bosimi 1903 Pa. Shu haroratda suvning bug' bosimi 1937 Pa. Kaltsiy nitratning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini aniqlang.
16. Natriy nitratning suvli eritmasi va 1,5% li glitserinning suvli eritmalari ustidagi bug' bosimlari teng bo'lishi uchun natriy nitrat eritmasining molyalligi qanday bo'lishi kerak? NaNO_3 ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 65%.
17. 1,5mol osh tuzi 1500g suvda erigan. Tuzning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 70% bo'lsa, 40°C da eritma ustidagi bug' bosimini hisoblang. Berilgan haroratda suvning bug' bosimi 7375,37 Pa.
18. 0,1 mol natriy sulfat 900g suvda erigan. 70°C da eritma ustidagi bug' bosimining nisbiy pasayishini toping. Natriy sulfatning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 80%.
19. 0,1n bariy xlorid eritmasi 99,6°C da qaynasa, atmosfera bosimini hisoblang. Tuzning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 75%. Suvning shu haroratdagi bug' bosimi 99930 Pa.
20. 51,3g shakarining 120g suvdagi eritmasi 99,5°C da qaynaydi. Tashqi atmosfera bosimini hisoblang. Berilgan haroratda suvning bug' bosimi 99450 Pa.

21. A va B moddalarning 323K dagi bug' bosimlari mos ravishda $4,666 \cdot 10^4$ va $10,132 \cdot 10^4$ Pa. 0,5 mol A va 0,7 mol B modda aralastirilganda ideal eritma hosil bo'ladi deb hisoblab, muvozanat holatidagi bug' tarkibini hisoblang.
22. o-ksilolning 20°C dagi bug' bosimi 1339,7 Pa, benzolning 20°C dagi bug' bosimi esa 9953,82 Pa. Aralashma ustidagi umumiy bug' bosimi va bug' tarkibini mol ulushlarda hisoblang. Suyuq aralashmada benzolning mol ulushi 0,6.
23. 200g benzol va 300g etilbenzol aralastirildi. 60°C da ushbu aralashma ustidagi umumiy bug' bosimi va bug' tarkibi (mol ulushlarda) hisoblansin. Berilgan haroratda etilbenzolning bug' bosimi 10484 Pa, benzolning bug' bosimi 51809 Pa.
24. Benzol va toluol aralashmasi ustidagi umumiy bug' bosimi 30°C da 8691,2 Pa. Benzol va toluolning suyuq aralashma va bug' tarkibidagi molyar hissalari aniqlansin. 30°C da benzol va toluolning bug' bosimlari mos ravishda 15758,6 va 4892,92 Pa.
25. Suvda erimaydigan organik modda suv bug'i bilan normal atmosfera bosimida 98,4°C da haydaldi. Erigan moddaning molekulyar massasi va shu haroratdagi bug' bosimini hisoblang. Ushbu sharoitda suvning to'yingan bug' bosimi 95665 Pa.

Suyultirilgan eritmalarning muzlash va qaynash haroratlari

Eritmalar toza erituvchiga nisbatan past haroratda muzlashi va yuqori haroratda daynashini dastlab M.V.Lomonosov aniqlagan. Eritmalarning muzlash va qaynash haroratlari ular ustidagi to'yingan bug' bosimiga bog'liq.

Toza suyuqliklar qattiq holatdagi bug' bosimi suyuq holatdagi bug' bosimiga tenglashganda muzlaydi va uning ustidagi to'yingan bug' bosimi tashqi atmosfera bosimiga tenglashganda qaynaydi. Masalan, distillangan suv normal atmosfera bosimida 0°C da muzlaydi va 100°Cda qaynaydi.

Agar suvda biror uchmaydigan qattiq modda eritilsa, Raul qonuniga binoan eritmaning bug' bosimi pasayadi. Endi uni qaynatish uchun 100°Cdan yuqoriroq

haroratgacha isitish kerak, chunki o'sha haroratda uning ustidagi bug' bosimi tashqi atmosfera bosimiga tenglashadi. Shunga o'xshash eritma, suvga nisbatan pastroq haroratda muzlaydi.

Erituvchi va eritma muzlash haroratlari orasidagi farq eritma muzlash haroratining pasayishi (Δt_m) deyiladi.

$$\Delta t_m = t_{m \text{ erituvchi}} - t_{m \text{ eritma}} \quad (1)$$

$t_{m \text{ erituvchi}}$ - erituvchining muzlash harorati,

$t_{m \text{ eritma}}$ - eritmaning muzlash harorati.

Eritma va erituvchi qaynash haroratlari orasidagi farq qaynash haroratining ortishi (Δt_K) deyiladi.

$$\Delta t_K = t_{K \text{ eritma}} - t_{K \text{ erituvchi}} \quad (2)$$

Raul ikkinchi qonuniga binoan eritma muzlash haroratining pasayishi va qaynash haroratining ortishi uning molyal konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional.

$$\Delta t_m = K \cdot C_m \quad (3) \quad \Delta t_q = E \cdot C_m$$

K va E – krioskopik va ebulioskopik doimiyliklar.

Krioskopik konstanta faqat erituvchi tabiatiga bog'liq bo'lib, 1000g erituvchida 1 mol noelektrolit modda eriganda muzlash harorati qanchaga pasayishini ko'rsatadi.

Ebulioskopik konstanta, berilgan erituvchi uchun doimiy qiymat bo'lib, 1000g erituvchida 1 mol noelektrolit modda eriganda uning qaynash harorati qancha ortishini ko'rsatadi.

Krioskopik va ebulioskopik konstantalar qiymatlari jadvallarda beriladi.

(3) tenglamalar molyal konsentratsiya formulasini hisobga olganda quyidagicha yoziladi:

$$\Delta t_m = \frac{K \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M} \quad \text{va} \quad \Delta t_q = \frac{E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M} \quad (4)$$

$$\text{Undan } M = \frac{K \cdot a \cdot 1000}{b \cdot \Delta t_m} \quad \text{va} \quad M = \frac{E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot \Delta t_q} \quad (5)$$

bu erda, a- erigan modda massasi, g;

b- erituvchi massasi, g;

M – erigan modda molyar massasi.

(4) va (5) tenglamalar uchmaydigan noelektrolit moddalarning suyultirilgan eritmaları uchungina to'g'ri bo'ladi.

Elektrolit eritmaları uchun Raul qonuni quyidagicha ko'rinishda yoziladi.

$$\Delta t_m = iKC_m, \Delta t_q = iEC_m \quad (6) \text{ va } M = \frac{i \cdot K \cdot a \cdot 1000}{b \cdot \Delta t_m} \text{ va } \Delta t_q = \frac{i \cdot E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot \Delta t_q}$$

(5) tenglamaga asosan erigan noelektrolit moddaning molyar massasini (7) tenglama bo'yicha elektrolitning massasini hisoblash mumkin.

Kriometrik va ebulliometrik usullar bilan izotonik koeffitsientni ham aniqlash mumkin.

$$i = \frac{\Delta t_m \text{ tajr}}{\Delta t_m \text{ naz}} = \frac{\Delta t_q \text{ tajr}}{\Delta t_q \text{ naz}} \quad (8)$$

Izotonik koeffitsient aniqlangach, dissotsiatsiya darajasini topish mumkin.

$$i = 1 + \alpha(n-1) \text{ dan } \alpha = \frac{i-1}{n-1} \quad (9)$$

Kuchsiz elektrolitlar uchun osmotik konsentratsiyani quyidagicha aniqlanadi.

$$C_{osm} = C_m [1 + \alpha(n-1)] \quad (10)$$

C_m - molyal konsentratsiya,

n - erigan moddaning 1 ta molekulasida dissotsiatsiyasidan hosil bo'lgan ionlar soni.

Eritmalarning osmotik bosimini muzlash va qaynash haroratlarining farqi orqali ham hisoblab topish mumkin.

$$\pi = \frac{\Delta t_m}{K} RT \text{ yoki } \pi = \frac{\Delta t_q}{E} RT \quad (11)$$

Qon plazmasining osmotik bosimi 7,6-8,0 atm. O'rtacha 7,63 atm ga teng.

Qon plazmasining normadagi osmotik konsentratsiyasi 0,3 mol/l.

Masala yechish namunalari

1-masala. Nitrobenzolning benzoldagi 8% li eritmasining muzlash va qaynash haroratlarini aniqlang.

$K_{benzol} = 5,1$, $E_{benzol} = 2,57$, $t_{M \text{ benzol}} = 5,5^\circ C$, $t_{K \text{ benzol}} = 80,2^\circ C$.

Yechish: $\Delta t_m = \frac{K \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M}$ va $\Delta t_q = \frac{E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M}$ tenglamalardan foydalanamiz.

$$M_{\text{nitrobenzol}} = 123,11$$

8 % li eritmada 8g nitrobenzol
92g benzol

$$K_{\text{benzol}} = 5,1$$

$$\Delta t_M = \frac{5,1 \cdot 8 \cdot 1000}{123,11 \cdot 92} = 3,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{eritma}} = t_{\text{eritilishi}} - \Delta t_M = 5,5 - 3,6 = 1,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Demak, eritma 1,9 °C da muzlaydi.

$$\Delta t_q = \frac{2,57 \cdot 8 \cdot 1000}{92 \cdot 123,11} = 1,81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{eritma}} = t_{\text{eritilishi}} - \Delta t_q = 80,2 + 1,81 = 82,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Eritma 82,01 °C da qaynaydi.

2-masala. 1000g suvda 29,4g noelektrolit modda erigan. Eritmaning muzlash haroratining pasayishi 1,6 °C bo'lsa, erigan moddaning molekulyar massasini aniqlang.

$$\text{Yechish: } M = \frac{1,86 \cdot 29,4 \cdot 1000}{1000 \cdot 1,6} = 341,8; \text{ demak Erigan moddaning molekulyar}$$

massasi $M=342$.

3-masala. 18g natriy gidroksidning 150g suvdagi eritmasi normal atmosfera bosimida necha gradusda qaynaydi? Natriy gidroksidning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 65%.

Yechish: Natriy gidroksid molekulasini dissotsiatsiyalaganda 2 ta ion hosil bo'ladi. $n = 2$. Izotonik koeffitsientni hisoblaymiz.

$$i = 1 + \alpha(n-1) = 1 + 0,65(2-1) = 1,65$$

$$M_{\text{NaOH}} = 40$$

Eritmaning molyalligini hisoblaymiz.

$$C_m = \frac{a \cdot 1000}{b \cdot M} = \frac{18 \cdot 1000}{150 \cdot 40} = 3M$$

$$\Delta t_{\text{eritma}} = i \cdot E \cdot C_m = 1,65 \cdot 0,52 \cdot 3 = 2,57 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_q = t_{\text{eritilishi}} - t_{\text{eritilishi}}$$

$$t_{q \text{ eritma}} = t_{q \text{ erituvchi}} + \Delta t_q = 100 + 2,57 = 102,57^\circ\text{C}$$

Eritma $102,57^\circ\text{C}$ da qaynaydi.

4-masala. Uchmaydigan noelektrolit modda saqlagan suvli eritma $-4,2^\circ\text{C}$ da muzlaydi. Eritmaning qaynash haroratini aniqlang.

Yechish: $\Delta t_{q \text{ eritma}} = t_{q \text{ erituvchi}} - \Delta t_q = 0 - (-4,2) = 4,2^\circ\text{C}$

$$K_{H_2O} = 1,86 \quad E_{H_2O} = 0,52$$

$$\Delta t_m = K \cdot C_m \text{ dan } C_m = \frac{\Delta t_m}{K} = \frac{4,2}{1,86} = 2,26$$

$$\Delta t_q = E \cdot C_m = 0,52 \cdot 2,26 = 1,175^\circ\text{C}$$

$$t_{q \text{ eritma}} = t_{q \text{ erituvchi}} + \Delta t_q = 100 + 1,175 = 101,175^\circ\text{C}$$

5-masala. 19,46g natriy sulfatning 100g suvdagi eritmasining qaynash haroratining ortishi $1,34^\circ\text{C}$. Tuzning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.

Yechish: $M_{Na_2SO_4} = 142, E_{H_2O} = 0,52$

$$\Delta t_q = \frac{i \cdot E \cdot a \cdot 1000}{b \cdot M} \text{ dan } i = \frac{\Delta t_q \cdot b \cdot M}{E \cdot a \cdot 1000} = \frac{1,34 \cdot 100 \cdot 142}{0,52 \cdot 19,46 \cdot 1000} = 1,89$$

$$i = 1 + \alpha(n-1) \text{ dan } \alpha = \frac{i-1}{n-1} = \frac{1,89-1}{3-1} = 0,45 \text{ yoki } 45\%$$

6-masala. Natriy xloridning suvli eritmasi $-0,56^\circ\text{C}$ da muzlaydi. Eritmaning massa ulushi va molyal konsentratsiyasini aniqlang. Natriy xlorid to'la dissitsiatsiyalanadi deb hisoblang.

Yechish: $\Delta t_m = t_{q \text{ erituvchi}} - t_{q \text{ eritma}} = 0 - (-0,56) = 0,56^\circ\text{C}$

$$K_{H_2O} = 1,86, i = 1 + 1(2-1) = 2$$

$$\alpha = 1$$

$$\Delta t_m = i \cdot K \cdot C_m \quad C_m = \frac{\Delta t_m}{i \cdot K} = \frac{0,56}{2 \cdot 1,86} = 0,15$$

$$C_m = 0,15\text{M}$$

$$m_{NaCl} = n \cdot M = 0,15 \cdot 58,5 = 8,78$$

$$\omega \% = \frac{8,78}{1000 + 8,78} \cdot 100 = 0,87\%$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 3,6% glyukoza suvli eritmasining muzlash haroratini aniqlang.
2. Glyukozaning 10% li suvli eritmasi necha gradusda qaynaydi?
3. 1g naftalinning 20g efirdagi eritmasining qaynash haroratini hisoblang. Efirning qaynash harorati 34,5°C.
4. Toza benzol 5,5°C da muzlasa, 1g nitrobenzolning benzoldagi eritmasi necha gradusda muzlaydi?
5. Metil spirtining 45% li suvli eritmasi necha gradusda muzlaydi?
6. 10% glyukoza va shakarining suvli eritmalari mavjud. Qaysi eritma pastroq haroratda muzlaydi va qaysisining osmotik bosimi yuqori?
7. 6,48g oltingugurt 80g benzolda eritganda uning qaynash harorati 0,81°C ga ortdi. Oltingugurt molekulasini necha atomdan tashkil topgan?
8. 0,052g kamforaning 26g benzoldagi eritmasining muzlash haroratini pasayishi 0,067°C ga teng. Kamforaning molekulyar massasini hisoblang.
9. 10,6g etil spirtli eritmada 0,401g salitsil kislota erigan. Bu eritma qaynash haroratining ortishi 0,337 °C. Salitsil kislota molekulyar massasini aniqlang.
10. Muzlash harorati -15°C bo'lgan antifriz tayyorlash uchun 1 kg suvga qancha etilenglikol qo'shish kerakligini hisoblang.
11. 37°C da osmotik bosimi 7,63 atm bo'lgan qonning muzlash harorati pasayishini hisoblang.
12. Antifriz tayyorlash uchun 9 l glitserin 30 l suvda eritildi. Antifrizning muzlash haroratini hisoblang. Glitserinning zichligi 1261 kg/m³.
13. 1000g suvda 2 mol rux xlorid saqlagan eritma -5,49°C da muzlaydi. Rux xloridning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini aniqlang.
14. Ikkita suvli eritma berilgan. Birinchisida 0,25 mol shakar, ikkinchisida 0,13 mol kaltsiy xlorid erigan. Ikkala eritmada suvning massalari teng. Ikkala eritma bir xil haroratda qaynaydi. Kaltsiy xloridning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini aniqlang.

15. 200g suvda 4,1 g natriy gidroksid erigan. Eritmada natriy gidroksidning dissotsiatsiya darajasi 88%. Eritmaning qaynash haroratini aniqlang.
16. 500g suvda 16,05g bariy nitrat saqlagan eritma $100,122^{\circ}\text{C}$ da qaynaydi. Eritmaning izotonik koeffitsientini hisoblang.
17. 6,8% xlorid kislotasi eritmasining izotonik koeffitsienti 1,66 ga teng. Eritmaning muzlash haroratini hisoblang.
18. Toza benzolning muzlash harorati $5,5^{\circ}\text{C}$. 1,632g trixlorosirka kislotasining 100g benzoldagi eritmasi $5,15^{\circ}\text{C}$ da muzlaydi. Trixlorosirka kislotasi dissotsiatsiyalanadimi? Assotsiatsiyalanadimi va qay darajada?
19. 1000g suvdagi shakar eritmasining 100°C dagi bug' bosimi 100200 Pa. Eritmaning zichligi 1 ga teng deb hisoblab, qaynash haroratini va shu haroratdagi osmotik bosimini hisoblang.
20. 7,308g natriy xloridning 250g suvdagi eritmasining 18°C dagi osmotik bosimi $2,1077 \cdot 10^6$ Pa. Eritmaning zichligi 1 ga teng deb hisoblab, muzlash haroratini hisoblang.
21. 1,17% li natriy xlorid eritmasining muzlash haroratining pasayishi $0,725^{\circ}\text{C}$, zichligi $1,007\text{g}/\text{sm}^3$. Eritmaning osmotik va izotonik koeffitsientlarini hisoblang.

Tarbiya biz uchun yo hayot, yo mamot,
yo najot, yo halokat, yo falokat
masalasidir"

Abdillo Avloniy

VI-BO'LIM

Taqsimlanish qonuni. Ekstraktsiya

Agar bir-biri bilan aralashmaydigan ikki suyuqlik sistemasiga oz miqdorda uchinchi bir modda qo'shilsa, ma'lum vaqtdan so'ng u ikkala suyuqlikda erib taqsimlanadi.

Masalan, benzol-suv sistemasiga uchinchi komponent yod qo'shilib, chayqatilsa, u ikkala suyuqlikda taqsimlanadi. Lekin uning benzoldagi konsentratsiyasi suvdagi konsentratsiyasidan yuqori bo'ladi. Sistemaga yana yod qo'shilsa, uning har ikkala qavatdagi konsentratsiyasi ortadi. Lekin berilgan haroratda konsentratsiyalar nisbati doimiy bo'ladi.

Muvozanatda turgan ushbu sistema uchun Nernst quyidagi qonunni ta'rifladi: O'zaro aralashmaydigan ikkita suyuqliklar sistemasida taqsimlangan uchinchi modda konsentratsiyalarining nisbati ayni haroratda o'zgarmas son bo'lib, muvozanatda ishtirok etayotgan moddalarning absolyut qiymatlariga bog'liq emas.

$$K = \frac{C_1}{C_2}$$

C_1 - uchinchi moddaning birinchi erituvchidagi konsentratsiyasi;

C_2 - uchinchi moddaning ikkinchi erituvchidagi konsentratsiyasi;

K - taqsimlanish koeffitsienti.

Bu qonun erituvchilarda assotsiatsiyalanmaydigan, dissotsiatsiyalanmaydigan moddalar uchun, ya'ni molekulyar eritmalar uchun to'g'ri bo'ladi.

Ergan modda erituvchilardan birida assotsiatsiyalangan yoki dissotsiatsiyalangan bo'lsa, Nernst-Shilov formulasi qo'llaniladi.

$$K = \frac{C_1^n}{C_2}, \quad n = \frac{M_1}{M_2}$$

n - moddaning ikkala erituvchidagi o'rtacha molyar massalari nisbati.

Taqsimlanish koeffitsientidan ekstraksiyada foydalaniladi. Eritmada erigan moddani boshqa erituvchi yordamida ajratib olish ekstraksiya deyiladi.

Ekstraksiya dorivor o'simliklardan biologik aktiv moddalarni ajratib olishda qo'llaniladi.

V_1 -hajmdagi eritmada g r modda erigan. Uni V_2 hajmdagi erituvchi bilan ajratib olindi. Bir marta ekstraksiyadan so'ng eritmada g_1 g modda qoldi. Ekstraksiya qilib ajratib olingan modda $g_0 = g - g_1$

Taqsimlanish qonuniga binoan $K = \frac{g_1}{\frac{V_1}{(g_0 - g_1) V_2}}$ undan $g_1 = g_0 \frac{KV_1}{KV_1 + V_2}$

n marta ekstraksiyadan so'ng eritmada qolgan modda massasi $g_n = g_0 \left(\frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^n$

n - ekstraksiyalar soni

Ajratib olingan modda massasi $g_s = g_0 \left[1 - \left(\frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^n \right]$

Bulardan ko'rinib turibdiki, ekstragentni bir marta emas, balki bo'lib-bo'lib bir necha marta ekstraksiya qilinsa ko'proq modda ajratib olinadi.

Masala yechish namunalari

1-masala. Xinonni 20°C da suv va etil spirti qatlamlarida taqsimlanishi natijasida quyidagi natijalar olindi: xinonning efirdagi konsentratsiyalari (mol/l) 0,00893 va 0,02614, suvdagi konsentratsiyalari mos ravishda 0,002915 va 0,008516. Taqsimlanish koeffitsientini hisoblang.

Yechish: $K = \frac{C_1}{C_2}$ formuladan foydalanamiz.

$$K_1 = \frac{0,00893}{0,002915} = 3,06$$

$$K_2 = \frac{0,02616}{0,008516} = 3,08$$

K_1 va K_2 lar doimiy son. Demak, taqsimlanish qonuni ushbu sistema uchun to'g'ri bo'ladi.

2-masala. 0,1g yodning 1 l suvli eritmasidan yodni uglerod sulfid bilan ekstraksiya qilindi. 50 ml uglerod sulfid bilan: a) bir marta; b) 10 ml dan 5 marta ekstraksiya qilinsa, eritmada qancha yod qoladi? Yodning suv va uglerod sulfidagi taqsimlanish koeffitsienti 0,0017.

Yechish: Bir marta ekstraksiyadan keyin eritmada qolgan yodning massasini hisoblaymiz.

$$g_i = g_0 \frac{KV_1}{KV_1 + V_2} = 0,1 \frac{0,0017 \cdot 1000}{0,0017 \cdot 1000 + 50} = 0,003288 \text{ g.}$$

$$\text{Bu } \frac{0,003288 \cdot 100}{0,1} = 3,29\% \text{ ni tashkil etadi.}$$

5 marta ekstraksiyadan keyin qolgan yodning massasi:

$$g_s = g_0 \left(\frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^s = 0,1 \left(\frac{0,0017 \cdot 1000}{0,0017 \cdot 1000 + 50} \right)^5 = 6,47 \cdot 10^{-5} \text{ g.}$$

$$\text{Bu } \frac{6,47 \cdot 10^{-5} \cdot 100}{0,1} = 0,00647 \%$$

Demak, $0,1 - 0,0000647 = 0,09999353$ g ekstraksiya qilib ajratib olingan.

1 marta ekstraksiyada $100 - 3,29 = 96,72\%$

5 marta ekstraksiyada $100 - 0,00647 = 99,99\%$ ajratib olindi.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Qahrabo kislotasining suvdagi konsentratsiyalari (g/l) 59,4; 64,74; 77,95. Efiridagi konsentratsiyalari mos ravishda 9,6; 10,7; 12,8. Qahrabo kislotasining suv va efir qatlamlarida taqsimlanish koeffitsientini hisoblang.
2. Qahrabo kislotasining efir va suvdagi molekulyar massalari teng. 18°C da 12,1 g/l konsentratsiyali suvli eritma 2,2 g/l efirli eritma bilan muvozanatda turibdi. 4,84 g/l suvli eritma bilan muvozanatda turgan efirli eritmaning konsentratsiyasini hisoblang.
3. Iodning benzol va suv qatlamlarida taqsimlanish koeffitsienti 25°C da 256 ga teng. Yodning suvdagi muvozanat konsentratsiyasi 0,2 g/l bo'lsa, uning benzoldagi konsentratsiyasini aniqlang.
4. Yodning suvdagi eritmasi uglerod (IV) xlorid bilan chayqatilgandan keyin uning CCl_4 dagi konsentratsiyasi 0,1088 mol/l bo'lib qoldi. Yodning suv-uglerod (IV) xlorid qatlamlarida taqsimlanish koeffitsienti 0,0117 bo'lsa, uning suv qatlamidagi konsentratsiyasini hisoblang.
5. 25°C da fenolning amil spirtidagi 10,53 g/l li eritmasi 0,658 g/l li suvli eritmasi bilan muvozanatda turibdi. 37,6 g/l konsentratsiyali 0,5 l suvli

eritmadan 2 marta 100 ml dan amil spirti bilan ekstraktsiya qilish natijasida qancha fenol ajratib olinadi?

6. Etil spirtining suv va uglerod (IV) xlorid qatlamlarida taqsimlanish koeffitsienti 25°C da 41,8. Spirtning suvdagi konsentratsiyalari shu haroratda a) 0,520 mol/l; b) 1,85 mol/l bo'lsa, uning uglerod (IV) xloridagi konsentratsiyasini aniqlang.
7. 500 sm³ amil spirda 20g yod saqlagan eritmani 1 l suv bilan chayqatilganda yodning suvdagi konsentratsiyasini aniqlang. Yodning taqsimlanish koeffitsienti 230.

8 Yodning 0,2 g/l suvli eritmasidan yodni 60 ml uglerod sulfid bilan ekstraktsiya qilindi. a) 1 marta (60 ml); b) 3 marta (20 ml dan) ekstraktsiya qilinganda yodning qanchasi (%) ajratib olinadi? Yodning suvda va uglerod sulfid qatlamlaridagi taqsimlanish koeffitsienti 0,0017.

9 100 sm³ 0,5 M sut kislotasining xloroformdagi eritmasidan uni suv bilan ekstraktsiya qilindi. a) 1 marta 100 ml; b) 2 marta 50 ml suv bilan ekstraktsiya qilinsa, qancha sut kislotasini ajratib olinadi? Sut kislotasining xloroform-suv qatlamlarida taqsimlanish koeffitsienti 25 °C da 0,02.

10 Sirka kislotasini uglerod (IV) xlorid va suv qatlamlarida taqsimlanishi natijasida quyidagi natijalar olindi:

$C_{(CCl_4)}$, g/l	2,92	3,63	7,25	10,7	14,1
$C_{(H_2O)}$, g/l	48,7	54,2	76,4	93	107,0

Sirka kislotasi suvda assotsiatsiyalanmaydi. Ushbu sistema uchun taqsimlanish qonunining matematik ifodasini keltirib chiqaring va sirka kislotasining uglerod (IV) xloridagi molyar massasini hisoblang.

Eritmalarning kislotaliligi

Kimyoviy toza suv kuchsiz elektrolit bo'lib, ionlarga qisman dissotsiatsiyalanadi:



Vodorod ionlari suv bilan gidrolizlanib H_3O^+ gidroksoniy ionini hosil qiladi, lekin oson bo'lishi uchun H^+ bilan belgilaymiz.

Kislota tutgan eritmalarida muvozanat holatiga vodorod ionlari, asos saqlagan eritmalarda esa gidroksid ioni ta'sir qiladi. Bu muvozanat termodinamik dissotsiatsiya konstantasi bilan ifodalanadi.

$$K_T = \frac{a_{H^+} \cdot a_{OH^-}}{a_{H_2O}}$$

Suyultirilgan eritmalar va toza suv uchun aktivlik o'rniga konsentratsiya qo'llaniladi.

$$K_x = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]}$$

$K_x = 1,8 \cdot 10^{-9}$ ($25^\circ C$ da) suvning molyar konsentratsiyasi (1 l H_2O dagi mollar soni) $[H_2O] = \frac{1000}{18} = 55,56$ ni doimiy hisoblab, $K[H_2O] = [H^+] + [OH^-] = K_w$ keltirib chiqariladi. Bu suvning ion ko'paytmasi deyiladi. $25^\circ C$ da $K_w = 10^{-14}$ ga teng. Bundan $[H^+] = [OH^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$ g-ion/l.

Kislotali muhitda $[H^+]$ ionlari suvga nisbatan ko'p, ishqoriy muhitda kam bo'ladi.

Muhitning kislotaliligini ifodalash uchun vodorod ko'rsatkich pH dan foydalaniladi.

$$pH = -\lg[H^+]$$

Neytral muhitda $pH = 7$

Kislotali muhitda $pH < 7$

Ishqoriy muhitda $pH > 7$

Shunga o'xshab, $pOH = -\lg[OH^-]$

Suvning ion ko'paytmasidan $pH + pOH = 14$ kelib chiqadi.

Kuchsiz elektrolitlarda $CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COO^- + H^+$

Massalar ta'siri qonuni bo'yicha $K_x = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$

$$[H^+] = K \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$[H^+] = [CH_3COO^-] = C \cdot \alpha; [CH_3COOH] = C - C \cdot \alpha$$

$$\text{Bundan } K = \frac{C \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \text{ va } [H^+] = \sqrt{K \cdot C(1 - \alpha)}$$

$$\text{Agar } \alpha \ll 1 \text{ bo'lsa } K = C \cdot \alpha^2 \text{ va } \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}};$$

$$[H^+] = \sqrt{K \cdot C}$$

Buf'er eritmalar

Kuchli kislota va asoslarning suyultirilgan eritmalarida pH doimiy saqlanmaydi. Kuchsiz kislota va uning kuchli asos bilan hosil qilgan tuzini saqlagan eritmalarda pH doimiy bo'ladi. Ularga oz miqdorda kuchli kislota va kuchli ishqor qo'shilsa va suyultirilsa, ularning pHi deyarli o'zgarmaydi. Sistemaning o'z pH qiymatini o'zgartirmay saqlash xususiyati bufer ta'sir deyiladi. Bufer ta'sirga ega bo'lgan eritmalar bufer eritmalar deyiladi. Bufer eritmalar tarkibiga ko'ra asosan 2 xil bo'ladi.

1) kislotali

2) asosli

$$\text{Kislotali bufer eritmalarining pHi } pH = pK_{k-ta} + \lg \frac{C_{tuz}}{C_{k-ta}}$$

$$\text{Asosli bufer eritmalarining pHi } pH = 14 - pK_{asos} - \lg \frac{C_{tuz}}{C_{asos}} \text{ formulalari bo'yicha}$$

hisoblanadi.

Bufer sistemalarning muhim xarakteristikasi bufer sig'imidir.

1 l bufer eritmaning pHini bir birlikka o'zgartirish uchun kerak bo'lgan kuchli kislota va asosning gramm-ekvivalentlardagi miqdori bufer sig'im deyiladi.

$$\beta = \frac{q}{\Delta pH} \text{ g-ekv/l}$$

q - kuchli kislota va asosning gramm-ekvivalenti,

ΔpH - pH ning o'zgarishi.

Kislota bo'yicha bufer sig'im:

$$\beta = \frac{C_{k-ta} \cdot V_{k-ta}}{(pH_0 - pH_1) \cdot V_{buf. er.}}$$

Ishqor bo'yicha bufer sig'im:

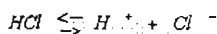
$$\beta = \frac{C_{ishq} \cdot V_{ishq}}{(pH_1 - pH_0) \cdot V_{buf. er.}}$$

Formular bo'yicha hisoblanadi.

Masala yechish namunalari

1-masala. 0,01 n HCl eritmasining pHini hisoblang.

Yechish: HCl kuchli kislota, to'la dissotsiatsiyalanadi:



0,01n 0,01 g-ion/l

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg 0,01 = 2$$

2-masala. 25°C da eritmaning pHi 8,59. Eritmadagi $[H^+]$ va $[OH^-]$ larni hisoblang.

Yechish: $\lg[H^+] = -pH = -8,59 = -9 + 0,41 = \lg 10^{-9} + \lg 2,57 = \lg 2,57 \cdot 10^{-9}$. Demak

$$[H^+] = 2,57 \cdot 10^{-9} \text{ g-ion/l}$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{2,57 \cdot 10^{-9}} = 3,89 \cdot 10^{-9} \text{ g-ion/l}$$

3-masala. 0,002 n CH_3COOH eritmasining pHini hisoblang. CH_3COOH eritmadagi dissotsiatsiya darajasi $\alpha = 0,113$.

$$\text{Yechish: } C_{H^+} = C \cdot \alpha = 0,002 \cdot 0,113 = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ g-ion/l}$$

$$pH = -\lg_{H^+} = -\lg 2,25 \cdot 10^{-4} = 4 - \lg 2,25 = 4 - 0,35 = 3,65$$

4-masala. a) 0,1 n sut kislotasining b) 0,5 n ammoniy gidroksid eritmasining pHini hisoblang. Sut kislotasining dissotsiatsiya konstantasi $K_g = 1,44 \cdot 10^{-4}$, ammoniy gidroksidning dissotsiatsiya konstantasi $K_g = 1,85 \cdot 10^{-5}$.

Yechish: Kuchsiz kislota pHini quyidagi formula bo'yicha hisoblaymiz.

$$pH = \frac{1}{2} pK_x - \frac{1}{2} \lg C_x$$

$$pK = -\lg K = -\lg 1,44 \cdot 10^{-4} = 4 - \lg 1,44 = 4 - 0,16 = 3,84$$

$$pH = \frac{1}{2}3,84 - \frac{1}{2}\lg 0,1 = 1,92 + \frac{1}{2} = 2,42$$

Kuchsiz asos pHini $pH = 14 - \frac{1}{2}pK_{asos} + \frac{1}{2}\lg C_{asos}$ bo'yicha hisoblaymiz.

$$pK_{asos} = -\lg 1,85 \cdot 10^{-5} = 5 - \lg 1,85 = 5 - 0,26 = 4,74$$

$$pH = 14 - \frac{1}{2}4,74 + \lg 5 \cdot 10^{-1} = 14 - 2,37 - 1 + 0,6990 = 11,63 - 0,3010 = 11,33$$

5-masala. a) 50 ml 0,2n NH_4OH va 30 ml 0,3n NH_4Cl eritmalarini saqlagan bufer eritmaning pHini hisoblang.

b) bu eritmaga 20 ml 0,2n HCl eritmasi qo'shilsa, uning pHi qanday o'zgaradi?

Yechish: $pH = 14 - pK_{asos} - \lg \frac{C_{HCl} \cdot V_{HCl}}{C_{asos} \cdot V_{asos}}$ formuladan foydalanamiz.

$$pK_{asos} = -\lg 1,85 \cdot 10^{-5} = 4,75$$

$$pH = 14 - 4,75 - \lg \frac{30 \cdot 0,3}{50 \cdot 0,2} = 9,25 - \lg 0,9 = 9,25 + 0,05 = 9,3$$

b) Bufer eritmaga kislotaga qo'shilsa, u asos bilan ta'sirlashadi. Bunda tuzning miqdori ortib, asos miqdori kamayadi, ya'ni

$$pH = 14 - pK - \lg \frac{\text{tuzning gramm ekv} + X}{\text{asosning gramm ekv} - X};$$

X – qo'shilgan kislotaning gramm ekvivalenti.

Bundan:

$$pH = 14 - 4,75 - \lg \frac{9+4}{10-4} = 9,25 - \lg 2,166 = 9,25 - 0,34 = 8,91$$

$$\Delta pH = 9,3 - 8,91 = 0,39$$

6-masala. 0,01n natriy atsetat eritmasining $25^\circ C$ dagi pHini hisoblang.

Yechish: Kuchsiz kislotaga va kuchli asosdan hosil bo'lgan tuzlar eritmasining pHi quyidagicha hisoblanadi: $K_{gCH_3COOH} = 1,85 \cdot 10^{-5}$

$$pH = 7 + \frac{1}{2}pK_{kislotaga} + \frac{1}{2}\lg C_{tuz} \quad pK = -\lg 1,85 \cdot 10^{-5} = 5 - 0,24 = 4,76$$

$$pH = 7 + \frac{1}{2}4,76 + \frac{1}{2}\lg 10^{-2} = 7 + 2,38 - 1 = 8,38$$

7-masala. 50 ml atsetatli bufer eritmaga 10 ml 0,02n HCl eritmasi qo'shilganda uning pHi 4,25 dan 4,00 gacha o'zgaradi. Bufer eritmaning kislota bo'yicha bufer sig'imini aniqlang.

Yechish: Bufer eritmaning kislota bo'yicha bufer sig'imi:

$$\beta_K = \frac{C_{k-ta} \cdot V_{k-ta}}{(pH_0 - pH_1) V_{b,e}}$$

$$\beta = \frac{0,02 \cdot 10}{(4,25 - 4) \cdot 50} = \frac{0,2}{12,5} = 0,016 \text{ g-ekv/l}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 0,005n nitrat kislota eritmasining pHini hisoblang.
2. 0,05 n nitrat kislota eritmasining pHini hisoblang.
3. 0,01 n H_2SO_4 eritmasining pHini hisoblang.
4. 0,02 n xlorid kislota eritmasining pHini hisoblang.
5. 25 °C da eritmaning pHi 3,24 ga teng bo'lsa, eritmadagi $[H^+]$ va $[OH^-]$ larni hisoblang.
6. 0,001 n sirka kislota eritmasining pHini hisoblang. Dissotsiatsiya darajasi 0,1.
7. 0,1 n ammoniy gidroksid eritmasining pHini hisoblang.
8. 0,01 n sirka kislota eritmasidagi vodorod ionlari konsentratsiyasi va pHi hisoblang. $K = 1,75 \cdot 10^{-5}$. Eritmani 10 marta suyultirilsa, uning pHi qanchaga o'zgaradi?
9. 0,001 n nitrat kislota eritmasidagi vodorod ionlari konsentratsiyasi va pHi hisoblang. Eritmani 10 marta suyultirilsa uning pHi qanday o'zgaradi?
10. 0,1 n sirka kislota eritmasining pHini hisoblang. Kislotaning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 1,3 %.
11. 1 litr 0,2n NaOH eritmasining pHini hisoblang. NaOH eritmada to'la dissotsiatsiyalanadi deb hisoblang.
12. 0,005n NaOH eritmasining pHini hisoblang. NaOH eritmada to'la dissotsiatsiyalanadi deb hisoblang.

13. In HNO_3 eritmasidagi ($\alpha = 82\%$) vodorod ionlarining konsentratsiyasi In H_2SO_4 eritmasidagi ($\alpha = 51\%$) vodorod ionlari konsentratsiyasidan necha marta ortiq?
14. 4% li KOH eritmasining pHini hisoblang. Eritmaning zichligi 1,033, KOH ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 1 ga teng.
15. $30^\circ C$ da pHi 12,23 ga teng bo'lgan 5 litr $NaOH$ eritmasini tayyorlash uchun necha gramm $NaOH$ olish kerak? $NaOH$ ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 1 ga teng deb hisoblang.
16. 1 litr pHi 1,5 bo'lgan eritma tayyorlash uchun necha gramm H_2SO_4 olish kerak? $\alpha = 1$.
17. 0,5M HCl eritmasidagi vodorod ionlari konsentratsiyasi va pHni hisoblang. Dissotsiatsiya darajasi 85%.
18. 1 litrida 0,1g $NaOH$ saqlagan eritmaning pHini hisoblang. $NaOH$ eritmada to'la dissoitsiatsiyalanadi deb hisoblang.
19. 10 ml 0,5n kislota eritmasiga 0,1n ishqor eritmasidan qancha qo'shilganda uning pHi 7ga teng bo'ladi?
20. Havo bilan muvozanatda turgan distillangan suvning 1 litrida $1,35 \cdot 10^{-5}$ mol CO_2 erigan. Karbonat kislota dissotsiatsiyasini birinchi bosqichini hisobga olib eritma pHini hisoblang. Birinchi bosqichning dissotsiatsiya konstantasi $25^\circ C$ da $4,45 \cdot 10^{-7}$ ga teng.
21. Odam qonining pHi $37^\circ C$ ba $40^\circ C$ larda 7,36ga teng. $37^\circ C$ da suvning $pK_{H_2O} = 13,61$ va $40^\circ C$ da $pK_{H_2O} = 13,54$ bo'lsa, qondagi gidroksid ionlarining konsentratsiyasini aniqlang.
22. Sut kislotalari uchun $pK = 3,86$; sirka kislotalari uchun $pK = 4,76$. Ularning 0,1 n eritmalaridagi dissotsiatsiya darajalarini aniqlang.
23. 49 ml suvga 1 ml 0,01 n KOH eritmasi qo'shildi. Eritmaning pHi qanchaga o'zgaradi?
24. 49 ml suvga 1 ml 0,01 n HCl eritmasi qo'shilsa, pHi qanchaga o'zgaradi?

25. Oshqozon shirasi tarkibida 0,07 dan 0,15 % gacha xlorid kislota bo'ladi. HCl to'la dissotsiatsiyalanadi deb hisoblab, oshqozon shirasining pH i qanday oraliqda o'zgarishini hisoblang?
26. 30ml 0,1n CH_3COOH va 50ml 0,05n CH_3COONa eritmalaridan tayyorlangan bufer eritmaning pH ini hisoblang.
27. 20 ml 0,2 n NH_4OH va 60ml 0,1n NH_4Cl eritmalaridan tashkil topgan bufer eritma pH ini hisoblang.
28. 90 ml 0,2M NaH_2PO_4 va 60ml 0,4M Na_2HPO_4 eritmalaridan tashkil topgan bufer eritma pH ini hisoblang. $H_2PO_4^-$ ionining $25^\circ C$ dagi dissotsiatsiya konstantasi $1,54 \cdot 10^{-7}$.
29. 40 ml Na_2HPO_4 va 10 ml NaH_2PO_4 ning bir xil 0,1 M li eritmalaridan tashkil topgan bufer eritmaning pH ini hisoblang. $H_2PO_4^-$ ning dissotsiatsiya konstantasi $1,6 \cdot 10^{-7}$.
30. 50 ml qonning pH ini 7,36 dan 7,00 ga o'zgartirish uchun 19ml 0,1n HCl qo'shildi. Qonning kislota bo'yicha bufer sig'imini hisoblang.
31. 10 ml qon plazmasi pH ini 7,4 dan 9,4 gacha o'zgartirish uchun 0,8 ml 0,1n $NaOH$ eritmasi qo'shildi. Shuncha hajm plazmaning pH ini 7,4 dan 3,4 gacha o'zgartirish uchun esa 0,2n HCl dan 10 ml qo'shildi. Qon plazmasining ishqor va kislota bo'yicha bufer sig'imini hisoblang.
32. 100 ml fosfatli bufer eritmaga 15 ml 0,1n HCl eritmasi qo'shilganda uning pH i 7,5 dan 6,0 ga o'zgardi. Eritmaning kislota bo'yicha bufer sig'imini hisoblang.
33. Vena qonining $pH=7,33$ arteriya qonining $pH=7,36$. Ikkala qonning 50 ml dagi vodorod ionlarining sonini aniqlang.
34. 0,1M $AgNO_3$ eritmasining dissotsiatsiya darajasi 60%. Ag^+ va NO_3^- ionlarining konsentratsiyasi va aktivligini hisoblang.
35. 0,2M HCl eritmasining dissotsiatsiya darajasi 80%. H^+ va Cl^- ionlarining konsentratsiyasi va aktivligini hisoblang.

36. 250g suvda 1,62g $Ca(HCO_3)_2$ eritmasidan hosil bo'lgan eritmaning ion kuchini aniqlang.
37. 500g suvda 2,08g $BaCl_2$ va 5,85g $NaCl$ erigan. Eritmaning ion kuchini hisoblang.
38. KCl , K_2SO_4 va $MgSO_4$ larning 0,02 molyal eritmaları ion kuchini hisoblang.
39. 1000g suvda 0,02 mol $Fe(NO_3)_2$ va 0,02 mol $Ca(NO_3)_2$ erigan. Eritmada Fe^{2+} , Ca^{2+} , NO_3^- ionlarining aktivlik konsentratsiyalarini hisoblang.
40. 1g-ekivalent CH_3COOH ni qancha hajm suvda eritilsa, u 6% dissotsiatsiyalanadi? $K = 1,85 \cdot 10^{-5}$

“Mening eng katta ishonchim va umidim – bugun Zamonaviy tarbiya va bilim olayotgan, endigina kuchga kirayotgan yoshlarimiz, farzandlarimizdir”

Islom Karimov

VII - BO'LIM

Elektrolit eritmalarining elektr o'tkazuvchanligi

Elektrolit eritmalaridan elektr toki ionlar harakati tufayli o'tadi. Eritmalarning elektr tokini o'tkazish xususiyatining miqdoriy xarakteristikasi – elektr o'tkazuvchanlikdir. Elektr o'tkazuvchanlik qarshilikka teskari bo'lgan kattalikdir. Eritmaning qarshiligi elektrodlar orasidagi masofa (l) va elektrodlar yuzasi (S) va eritmaning solishtirma qarshiligi (ρ) ga bog'liq.

$$R_x = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

Eritma qarshiligi Kolraush ko'prigi yordamida o'lchanadi. Ko'prikda muvozanat sodir bo'lganda $R_x = R_M \frac{100-a}{a}$ (2)

R_M - magazin qarshiligi

a – reoxordning ovoz eshitilmay qolgan vaqtdagi bo'lagi.

Eritmalar uchun solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik tushunchalari qo'llaniladi.

Bir-biridan 1 sm oraliqda joylashgan va yuzasi 1 sm² bo'lgan 2 ta parallel elektrod orasida joylashgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligi solishtirma elektr o'tkazuvchanlik deyiladi.

$$\chi = \frac{1}{\rho}$$

$$R_x = \rho \frac{l}{S} \text{ dan } \rho = \frac{R_x S}{l} \text{ va } \chi = \frac{1}{R_x} \cdot \frac{l}{S} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$$

$$\frac{l}{S} = C_{\text{idish sig'imi}} \text{ bo'lsa, } \chi = \frac{C_{\text{idish sig'imi}}}{R_x} \text{ Va } C_{\text{idish sig'imi}} = \chi \cdot R_x$$

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik konsentratsiya, ionlarning harakatchanligi va zaryadiga bog'liq:

$$\chi = \alpha \cdot C \cdot F(U_k + U_a)$$

α - dissotsiatsiya darajasi

C – konsentratsiya

U_k va U_a – kation va anionning absolyut harakat tezligi.

F – Faradey soni (96500 Kl)

Ma'lum ionning elektr tokining qancha qismini tashishini ko'rsatuvchi son tashish soni deyiladi.

$$n_k = \frac{U_k}{U_k + U_a} \quad n_a = \frac{U_a}{U_k + U_a}$$

Tarkibida 1 g-ekvivalent modda saqlagan eritmaning elektr o'tkazuvchanligi ma'lum suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik deyiladi.

$$\lambda_v = \chi \cdot V \cdot 1000 = \frac{\chi \cdot 1000}{C} \text{ Om}^{-1} \text{ g-ekv}^{-1} \text{ sm}^2$$

$V = \frac{1}{C}$ -suyultirish soni.

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik eritmani suyultirib borilsa, ortib boradi, cheksiz suyultirilsa maksimumga yetadi va boshqa o'zgarmaydi. Kolraush

qonuniga binoan: cheksiz suyultirilgandagi eritmaning elektr o'tkazuvchanligi λ_{∞} kation va anion harakatchanliklari yig'indisiga teng.

$$\lambda_{\infty} = \lambda_K + \lambda_a \text{ yoki } \lambda_{\infty} = F(U_K + U_a)$$

Kuchsiz elektrolitlar uchun $\alpha = \frac{\lambda_V}{\lambda_{\infty}}$ Ostvaldning suyultirish qonuni $K = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1 - \alpha}$

$$\text{dan } K = \frac{\lambda_V^2 \cdot C}{\lambda_{\infty}(\lambda_{\infty} - \lambda_V)}$$

Masala yechish namunalari

1-masala. 0,02n KCl eritmasining 293K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $2,501 \cdot 10^{-3} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$. Eritmaning qarshiligi 300 Om bo'lsa, idish sig'imini hisoblang.

$$\text{Yechish: } C_{\text{idish sig'imi}} = \chi \cdot R_X = 2,501 \cdot 10^{-3} \cdot 300 = 0,75 \text{ sm}^{-1}$$

2-masala. 0,001n KNO_3 eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $1,25 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$. K^+ va NO_3^- ionlarining harakatchanliklari mos ravishda 64,6 va $62 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2$. Eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini va dissotsiatsiya darajasini hisoblang.

$$\text{Yechish: } \lambda_V = \frac{\chi \cdot 1000}{C} = 1,25 \cdot 10^{-4} \frac{1000}{0,001} = 125 \text{ Om}^{-1} \text{ g - ekv}^{-1} \text{ sm}^2$$

$$\lambda_{\infty} = \lambda_K + \lambda_a = 64,6 + 62 = 126,6$$

$$\alpha = \frac{\lambda_V}{\lambda_{\infty}} = \frac{125}{126,6} = 0,987 \text{ yoki } 98,7 \%$$

3-masala. 291K da kumush yodidning to'yingan eritmasi uchun solishtirma elektr o'tkazuvchanlik $5,144 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$. Suvning shu haroratdagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $4,0 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$. Kumush yodidning konsentratsiyasi va eruvchanlik ko'paytmasini hisoblang.

Yechish: AgJ ning to'yingan eritmasini cheksiz suyultirilgan deb hisoblash mumkin. χ va λ_{∞} ni hisoblab, konsentratsiyani aniqlaymiz.

$$\lambda_{\infty} = \lambda_K + \lambda_a = 54,36 + 66,5 = 120,86 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2 / \text{g - ekv}$$

$$\chi_{AgJ} = \chi_{eritma} - \chi_{H_2O} = 5,144 \cdot 10^{-8} - 4,0 \cdot 10^{-8} = 1,44 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$$

$$C_{AgJ} = \frac{\chi \cdot 1000}{\lambda_{\infty}} = \frac{1,44 \cdot 10^{-8} \cdot 1000}{120,86} = 9,53 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$$

$$\Sigma K = [Ag^+][J^-] = 9,53 \cdot 10^{-8} \cdot 9,53 \cdot 10^{-8} = 9,08 \cdot 10^{-15}$$

4-masala. Sirka kislotasining $3,6 \cdot 10^{-5}$ g-ekv/l konsratsiyali eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligini hisoblang. Kislotaning dissotsiatsiya konstantasi $1,8 \cdot 10^{-5}$.

$$\text{Yechish: } \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{3,6 \cdot 10^{-5}}} = 0,71$$

$$\lambda_{\infty} = 35 + 315 = 350$$

$$\chi_{CH_3COOH} = \frac{\lambda_{\infty} \cdot C}{1000} = \frac{350 \cdot 3,6 \cdot 10^{-5}}{1000} = 1,26 \cdot 10^{-5} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Kaliy sulfat eritmasining qarshiligi 2,86 Om. Elektrodlar yuzasi $5,38 \text{ sm}^2$, ular orasidagi masofa 0,82sm bo'lsa, eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
2. 1 mol/l $NaNO_3$ eritmasining 291K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligini hisoblang. Elektrodlar orasidagi masofa 5sm, yuzasi 2 sm^2 . Eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $94,3 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2 \text{ g-ekv}^{-1}$.
3. $KClO_4$ eritmasining 291K dagi cheksiz suyultirilgandagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $122,8 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2 \text{ g-ekv}^{-1}$. ClO_4^- ionining tashish soni 0,481 K^+ va ClO_4^- ionlarining harakatchanliklarini aniqlang.
4. Monoxlorsirka kislotaning $V=32 \text{ ml}$ suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $77,2 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2 \text{ g-ekv}^{-1}$, dissotsiatsiya konstantasi $K=1,55 \cdot 10^{-3}$. Eritmaning 298Kda solishtirma va cheksiz suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanliklarini hisoblang.
5. KCl ning 0,02n eritmasining 10°C dagi qarshiligi 364 Om. Suyultirilgan sirka kislotasining qarshiligini o'lchaganda magazindan 1000 Om qarshilik berildi va

- ko'prikdan 64,25 sm masofa belgilandi. Ko'prik uzunligi 100 sm bo'lsa, eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
6. 0,01n KCl eritmasining 291K dagi qarshiligi 394 Om. NH_4OH eritmasining qarshiligi o'lchanganda elkalar nisbati 1,66. Magazin qarshiligi 1000 Om bo'lsa, NH_4OH eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
 7. 0,02n KCl eritmasi bilan to'ldirilgan idish qarshiligi $20^\circ C$ da 82,4 Om 0,005n K_2SO_4 eritmasining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
 8. 10% li $CaCl_2$ eritmasining 291K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $11,4 \cdot 10^{-2} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2 \text{ g-ekv}^{-1}$. Eritmaning zichligi $1,08 \text{ g/sm}^3$. $CaCl_2$ ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.
 9. 15% li KNO_3 eritmasining 291K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $0,1186 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$, zichligi $1,038 \text{ g/sm}^3$. KNO_3 ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.
 10. 4,2% li KOH eritmasining 291K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $0,1464 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$, zichligi $1,038 \text{ g/sm}^3$. Eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi va OH^- ionlarining konsentratsiyasini hisoblang.
 11. Chumoli kislotasining 4,94%li eritmasining 291K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$, zichligi $1,012 \text{ g/sm}^3$. Dissotsiatsiya darajasini hisoblang.
 12. 0,1n $AgNO_3$ eritmasining qarshiligi 298K da 1090 Om. Shu haroratda 0,02n KCl eritmasining qarshiligi $4318 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$ va solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $2,77 \cdot 10^{-3} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$. Kumush nitrat eritmasining solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
 13. Moy kislotasining 298K da dissotsiatsiya konstantasi $1,51 \cdot 10^{-5}$. Suyultirish soni $V = 66 \text{ l}$ bo'lganda eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $11,6 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1} \text{ g-ekv}^{-1}$. Cheksiz suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi topilsin.
 14. 0,01n sirka kislotasi eritmasining 298K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $1,56 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1} \text{ g-ekv}^{-1}$. Cheksiz suyultirishdagi

- ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $390,7 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1} \text{ g-ekv}^{-1}$. Eritmaning pHini hisoblang.
15. 298K haroratda suyultirish soni 32 l bo'lgan CH_3COOH eritmasining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $8,2 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1} \text{ g-ekv}^{-1}$. Dissotsiatsiya darajasini hisoblang.
16. 0,02n KCl eritmasining qarshiligi 291K da 35,16 Om ga teng. 0,1n sirka kislotasi eritmasi shu haroratdagi qarshiligi 179 Om. Sirka kislotasi eritmasining dissotsiatsiya darajasi va konstantasini aniqlang.
17. Kumush xloridning cheksiz suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang. Kumush va xlor ionlarining absolyut harakat tezliklari mos ravishda $5,7 \cdot 10^{-4}$ va $6,9 \cdot 10^{-4} \text{ sm}^2/\text{s} \cdot \text{V}$.
18. 0,001n KNO_3 eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $1,25 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$. K^+ va NO_3^- ionlarining harakatchanligi 64,6 va 62 $\text{Om}^{-1}\text{sm}^2$. Eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
19. 23,81 litrda 1 mol $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ erigan eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $98,9 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2$. Cheksiz suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $129,2 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2$. Eritmaning muzlash haroratini aniqlang.
20. 291K da kumush xloridning to'yingan eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $1,374 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$. Shu sharoitda suvning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $4,0 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$. Kumush xloridning konsentratsiyasi va eruvchanlik ko'paytmasini hisoblang.
21. BaSO_4 ning to'yingan eritmasining 291K da solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $2,398 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$, suvning shu haroratdagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $4,0 \cdot 10^{-8} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$. BaSO_4 eritmasi konsentratsiyasini hisoblang.
22. Moy kislotasi eritmasining 298K va 64 l suyultirishdagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $1,812 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$. Dissotsiatsiya darajasi, konstantasi va vodorod ionlari konsentratsiyasini hisoblang. $\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-$ ionining harakatchanligi 40,3 ga teng.

23. 20% li NH_4Cl eritmasining 291K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $0,3365 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^{-1}$, zichligi $1,057 \text{ g/sm}^3$. NH_4Cl ning eritmadagi dissotsiatsiya darajasini hisoblang.
24. Cl^- va Na^+ ionlarining 0,1n eritmada 298K dagi harakat tezliklari $42,6 \cdot 10^{-5}$ va $58,0 \cdot 10^{-5} \text{ sm}^2\text{B}^{-1}\text{c}^{-1}$. Eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.
25. 0,002n kaliy yodid eritmasining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $146,7 \text{ Om}^{-1}\text{sm}^2\text{g-ekv}^{-1}$. 0,001n kaliy yodidning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.

Elektrod potentsiallari va elektr yurituvchi kuch

Elektrolit eritmasi bilan kontaktda turgan metal plastinkasi elektrod deyiladi. Metal plastinkasini uning tuzi eritmasiga tushirilsa, metal-eritma chegarasida qo'sh elektr qavat hosil bo'lib, potentsial farqi yuzaga keladi va elektrod potentsiali deb ataladi. Elektrod potentsialining qiymati Nernst tenglamasi bo'yicha hisoblanadi.

$$\varphi_{Me} = \varphi_{Me}^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}}$$

φ_{Me}^0 – normal elektrod potentsiali,

n – ion zaryadi,

R – universal gaz doimiysi,

T – absolyut harorat,

F – Faradey soni

$a_{Me^{n+}}$ – metal ionlarining aktivligi.

Suyultirilgan eritmalarda $a_{Me^{n+}} = C_{Me^{n+}}$, unda $\varphi_{Me} = \varphi_{Me}^0 + \frac{RT}{nF} \ln C_{Me^{n+}}$.

Hisoblashlarda $\frac{RT}{F} \cdot 2,303$ o'rniga 18°C da 0,0577, 25°C da 0,0591 qo'yiladi.

Ikkita elektrodni bir-biriga ulansa galvanik element hosil bo'ladi. Kimyoviy energiyani elektr energiyaga aylantirib beradigan asbob galvanik element deyiladi.

Galvanik elementlarda elektrod potentsiallarining maksimal farqi elektr yurituvchi kuch deyiladi.

$$E = \varphi_1 - \varphi_2$$

φ_1 - musbat elektrod potentsiali;

φ_2 - manfiy elektrod potentsiali.

Elektrodlar I, II tur va oksidlanish-qaytarilish elektrodlariga bo'linadi.

I tur elektrodlar kationga nisbatan qaytar bo'lib, metal o'zining yaxshi eriydigan tuzi eritmasiga tushirilishidan hosil bo'ladi. Ularning elektrod potentsiali: $\varphi_{Me} = \varphi_{Me}^0 + \frac{RT}{nF} \ln C_{Me^{n+}}$ bo'yicha hisoblanadi.

II tur elektrodlar qiyin eriydigan tuzi bilan qoplangan metal bir xil anionli yaxshi eriydigan tuzi eritmasiga tushirilishidan hosil bo'ladi. Uning potentsiali

$$\varphi = \varphi^0 - \frac{RT}{nF} \ln C_{anion}$$

Oksidlanish-qaytarilish elektrodining potentsiali Peters tenglamasi bo'yicha hisoblanadi.

$$\varphi_r = \varphi_r^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[Ox]}{[Red]}$$

n – oksidlanish-qaytarilish reaksiyasida ishtirok etayotgan elektronlar soni.

φ_r^0 – normal oksidlanish-qaytarilish potentsiali.

Organik va biologik sistemalarning oksidlanish-qaytarilish potentsiali vodorod ionlari konsentratsiyasiga bog'liq.

Xingidron elektrod potentsiali uchun

$$\varphi_{XG} = \varphi_{XG}^0 + \frac{0,0591}{2} \lg \frac{[hinon][H^+]^2}{[gidrohinon]}$$

Alohida olingan elektrod potentsialini o'lchab bo'lmaydi. Buning uchun galvanik element tuzilib, uning elektr yurituvchi kuchi o'lchanadi. Galvanik elementning bitta elektrod taqqoslash elektrod, ikkinchisi sinaladigan elektrod bo'ladi. Taqqoslash elektrodleri sifatida normal vodorod, kalomel va xlorokumush elektrodleri ishlatiladi.

Galvanik elementning elektr yurituvchi kuchi kompensatsiya usulida normal Veston elementiga nisbatan o'lchanadi.

$$E_B = 1,0183 \text{ V} \quad E_B \text{ — AC}$$

$$E_X = ? \quad E_X \text{ — AC}_1$$

$$E_X = E_B \frac{AC_1}{AC}$$

E_B — Veston elementining elektr yurituvchi kuchi,

E_X — o'lchanayotgan elektr yurituvchi kuch,

AC — Veston elementining kompensatsiya nuqtasiga to'g'ri keladigan masofa.

AC₁ — tekshirilayotgan elementga to'g'ri keladigan masofa.

Bir xil metal plastinka o'zining har xil konsentratsiyali eritmalariga tushirilgan elektrodlardan tashkil topgan zanjir konsentratsion galvanik element deyiladi.

Konsentratsion galvanik elementning elektr yurituvchi kuchini quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

Potentsiometrik usulda eritma pHini aniqlash galvanik elementning elektr yurituvchi kuchini o'lchashga asoslangan. Bunda galvanik element taqqoslash elektrodi va tekshiriluvchi elektroddan tashkil topgan bo'lishi kerak. Tekshiriluvchi elektrod sifatida vodorod, xingidron, shisha elektrodleri ishlatiladi.

1) Vodorod-vodorod zanjiri sxemasi:



Uning elektr yurituvchi kuchi $E = \varphi_H^0 - \varphi_H$ va $pH = \frac{E}{0,0591}$

2) Kalomel-vodorod zanjiri sxemasi:



elektr yurituvchi kuchi $E = \varphi_{\text{kalm}} - \varphi_H$ va undan $pH = \frac{E - 0,2438}{0,0591}$

0,2438 — to'yingan kalomel elektrodining 298K da potentsiali.

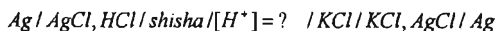
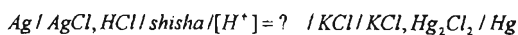
3) Xingidron-kalomel zanjiri sxemasi:



elektr yurituvchi kuchi $E = \varphi_{\text{HG}} - \varphi_{\text{kal}}$ Undan $pH = \frac{0,6990 - 0,2438 - E}{0,0591}$

0,6990 – xingidron elektrodining normal potentsiali.

4) Kalomel – shisha va xlorqumush-shisha zanjirlari



Masala yechish namunalari.

1-masala. 150ml da 1,2g rux sulfat saqlagan eritmaga tushirilgan rux elektrodining 25°C dagi potentsialini hisoblang. Rux sulfatning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 60% (0,6).

Yechish: Eritmaning molyarligini hisoblaymiz:

$$C = \frac{m \cdot 1000}{150 \cdot M} \quad \text{yoki} \quad C = \frac{m}{0,150 \cdot M}$$

$$C = \frac{1,2}{0,150 \cdot 161,4} = 0,0496 \text{ mol/l}$$

Rux ionlarining konsentratsiyasi $C_{\text{Zn}^{2+}} = C \cdot \alpha = 0,0496 \cdot 0,6 = 0,02976 \text{ z-ion/l}$

Elektrod potentsialini hisoblaymiz: $\varphi_{\text{zn}} = \varphi_{\text{zn}}^0 + \frac{0,0591}{2} \lg C_{\text{Zn}^{2+}}$, $\varphi_{\text{zn}}^0 = -76$ (jadvaldan)

$$\varphi_{\text{zn}} = -76 + \frac{0,0591}{2} \lg 0,02976 = -0,763 - 0,0746 = -0,8376 \text{ B}$$

2-masala. 2M mis sulfat eritmasiga tushirilgan mis elektrodi va 0,1M rux sulfat eritmasiga tushirilgan rux elektrolaridan tuzilgan galvanik elementning elektr yurituvchi kuchini 298K da hisoblang.

Yechish: $(+)\text{Cu} | \text{CuSO}_4 | \text{KCl} | \text{ZnSO}_4 | \text{Zn}(-)$
2M 0,1M

Elementning elektr yurituvchi kuchi $E = \varphi_{\text{Cu}} - \varphi_{\text{Zn}}$

$$\varphi_{\text{Cu}} = \varphi_{\text{Cu}}^0 + \frac{0,0591}{2} \lg C_{\text{Cu}^{2+}}; \quad \varphi_{\text{Zn}} = \varphi_{\text{Zn}}^0 + \frac{0,0591}{2} \lg C_{\text{Zn}^{2+}} \text{ larni o'rniga qo'ysak};$$

$$E = \varphi_{Cu}^0 + \frac{0,0591}{2} \lg C_{Cu^{2+}} - \varphi_{Zn}^0 - \frac{0,0591}{2} \lg C_{Zn^{2+}}$$

$$\varphi_{Cu}^0 = 0,34 B; \varphi_{Zn}^0 = -0,76 B$$

$$E = 0,34 + 0,0295 \lg 2 + 0,76 - \lg 0,1 = 1,1 + 0,0295 \lg \frac{2}{0,1} = 1,1 + 0,0295 \cdot 1,301 = 1,133 B$$

3-masala. Nitrat kislotasining 0,1 va 0,05n eritmalariga tushirilgan vodorod elektrodlaridan tuzilgan konsentratsion zanjirning 291K dagi elektr yurituvchi kuchini hisoblang. Kislota to'la dissotsiatsiyalanadi deb hisoblang.

Yechish: Konsentratsion zanjirning elektr yurituvchi kuchi

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2} = 0,0577 \ln \frac{0,1}{0,05} = 0,0577 \cdot 0,301 = 0,0174 B$$

4- masala. 298Kda xingidron –kalomel elektrodlaridan tuzilgan zanjirning elektr yurituvchi kuchi 0,106V. Eritmaning pHi va vodorod ionlarining konsentratsiyasini hisoblang.

Yechish: Zanjir sxemasi $Hg | Hg_2Cl_2, KCl | KCl || [H^+] = ? | Pt, xg$

$$pH = \frac{0,4554 - E}{0,0591} = \frac{0,4554 - 0,106}{0,0591} = 5,91$$

$$pH = -\lg[H^+] \quad \text{dan} \quad \lg[H^+] = -5,91 = -6 + 0,09 = \lg 10^{-6} + \lg 1,230 = \lg 1,23 \cdot 10^{-6} \quad \text{yoki}$$

$$[H^+] = 1,23 \cdot 10^{-6} \text{ g-ion/l}$$

5-masala. 0,5n va 0,05n kumush nitrat eritmalariga tushirilgan kumush plastinkalaridan tashkil topgan konsentratsion zanjirning 291K da elektr yurituvchi kuchini hisoblang. 0,05n eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi 99,5 $Om^{-1} sm^2$, 0,5n eritma uchun 77,5 $Om^{-1} sm^2$.

Yechish: Cheksiz suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikni hisoblaymiz.

$$\lambda_{Ag^+} = 53,2 \quad \lambda_{NO_3^-} = 62,6 \text{ (jadvaldan)}$$

$$\lambda_{\infty} = \lambda_{Ag^+} + \lambda_{NO_3^-} = 53,2 + 62,8 = 115,8 \text{ } Om^{-1} sm^2.$$

Har bir eritma uchun dissotsiatsiya darajasini hisoblaymiz.

$$\alpha_{0,05} = \frac{\lambda_{Ag^+}}{\lambda_{\infty}} = \frac{99,5}{115,8} = 0,86 \quad \alpha_{0,05} = \frac{\lambda_{NO_3^-}}{\lambda_{\infty}} = \frac{77,5}{115,8} = 0,67$$

Elementning elektr yurituvchi kuchi $E = 0,05771g \frac{C_1}{C_2}$

$$C_{Ag^+} = C_{AgNO_3} \cdot \alpha$$

$$E = 0,05771g \frac{0,5 \cdot 0,67}{0,05 \cdot 0,86} = 0,524 \text{ B}$$

6-masala. Qarshiliklar ko'prigida 291K da Veston elementiga to'g'ri keladigan masofa 70,2sm. Kalomel va tekshiriluvchi eritmaga tushirilgan vodorod elektrodlardan tuzilgan galvanik element uchun 43,6sm. Eritma pHini hisoblang.

Yechish: $pH = \frac{E - 0,2483}{0,0577}$ formuladan foydalanamiz. Avval Eni topamiz.

$$E = E_{\theta} \frac{43,6}{70,2} = 0,6324 \text{ B}$$

$$pH = \frac{0,6324 - 0,2483}{0,0577} = 6,66$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Kadmiy ionlarining konsentratsiyasi 0,005 g-ion/l bo'lgan eritmaga tushirilgan kadmiy elektrodining 298K dagi potentsialini hisoblang.
2. Kumush ionlarining konsentratsiyasi 0,03 g-ion/l bo'lgan eritmaga tushirilgan kumush elektrodining 291K dagi qiymatini hisoblang.
3. 0,8M kumush nitrat eritmasiga tushirilgan kumush elektrodining 291K dagi qiymatini hisoblang.
4. Mis sulfat eritmasini 15 marta suyultirilsa, mis elektrodining potentsiali qanchaga o'zgaradi?
5. Xingidron elektrodi tushirilgan 1n eritmani 100 marta suyultirilsa, uning potentsiali qanchaga o'zgaradi?
6. 0,1M rux sulfat eritmasiga tushirilgan rux elektrodining 298K dagi potentsial qiymatini hisoblang. Eritmani 10 marta suyultirilsa, uning potentsial qiymati nechaga teng bo'ladi? 0,1M eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 40%, suyultirilgan eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 64%.

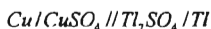
7. Galvanik element o'zlarining 1M li eritmalariga tushirilgan magniy va temir (II) plastinkalaridan tuzilgan. Elementning 250°C dagi elektr yurituvchi kuchini hisoblang. Element ishlaganda qaysi metall sarf bo'ladi? Reaksiyalarni ion ko'rinishida yozing.
8. O'zlarining 1M li eritmalariga tushirilgan mis va kumush elektrodlaridan tuzilgan galvanik elementda qanday kimyoviy reaksiyalar sodir bo'ladi? Elementning elektr yurituvchi kuchini hisoblang.
9. Galvanik element vodorod ionlari nomalum bo'lgan eritmaga tushirilgan vodorod elektrodi va to'yingan KCl eritmasili kalomel elektrodlaridan tuzilgan. Kompensatsion usulda Veston elementiga to'g'ri kelgan masofa 291 K da 50 sm, tekshiriluvchi elementga to'g'ri keladigan masofa 25sm ekanligi topildi. pH va vodorod ionlari konsentratsiyasi hisoblansin.
10. 0,06n rux xlorid eritmasiga tushirilgan rux elektrodining potentsialini 25°C dagi qiymatini hisoblang. Rux xloridning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 80 %.
11. 120ml ida 0,1g alyuminiy xlorid saqlagan eritmaga tushirilgan alyuminiy elektrodining 298K dagi potentsialini hisoblang. Dissotsiatsiya darajasi 1 ga teng deb oling.
12. 150ml ida 0,16g magniy sulfat saqlagan eritmaga tushirilgan magniy elektrodining 25°C dagi potentsialini hisoblang. Dissotsiatsiya darajasi 65%.
13. Distillangan suvga tushirilgan vodorod elektrodining 25°C dagi potentsialini hisoblang.
14. Quyidagi galvanik elementining 25°C dagi elektr yurituvchi kuchini hisoblang. Tuzlarning dissotsiatsiya darajasi 1 ga teng.

$$- Ni/NiSO_4 // CuSO_4 / Cu +$$

$$0,05 M \quad 0,02 M$$
13. Vodorod ionlari konsentratsiyasi $3,8 \cdot 10^{-3}$ mol/l bo'lgan eritmaga tushirilgan vodorod elektrodining potentsialini hisoblang.
14. Vodorod elektrodining potentsiali – 0,145 V. Eritma pHi va vodorod ionlari konsentratsiyasini hisoblang.

15. 0,1M CdSO_4 kadmiy, 0,2M ZnSO_4 eritmasiga tushirilgan rux elektrodlaridan tuzilgan galvanik elementning 25°C dagi elektr yurituvchi kuchini hisoblang. CdSO_4 ning dissotsiatsiya darajasi 60%, ZnSO_4 ning dissotsiatsiya darajasi 40%.

16. Galvanik elementning 25°C dagi elektr yurituvchi kuchini hisoblang.



0,1 M 0,02 M

CuSO_4 ning α si 40 %, Ti_2SO_4 uchun 87 %.

17. Kumush va qo'rg'oshin plastinkalari o'zlarining tuzlari 0,1n kumush nitrat va 0,05M qo'rg'oshin nitrat eritmalariga tushirilishidan hosil bo'lgan galvanik elementda qanday jarayonlar sodir bo'ladi? Kumush nitratning eritmadagi dissotsiatsiya darajasi 81%, qo'rg'oshin nitratning esa 75%.

18. Kumush plastinkasi 0,1n kumush nitrat eritmasiga, kadmiy plastinkasi In kadmiy sulfat eritmasiga tushirilgan galvanik elementning elektr yurituvchi kuchini hisoblang. Kadmiy nitratning dissotsiatsiya darajasi 48%, kumush nitratniki esa 81%.

19. Quyidagi galvanik element ishlaganda elektrodalarda qanday jarayon sodir bo'ladi? Elementning 298Kdagi elektr yurituvchi kuchini hisoblang. Tuzlar to'la dissotsiatsiyalanadi deb hisoblang. $\text{Al} \left| \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \right| \left| \text{AgNO}_3 \right| \text{Ag}$
 0,01 M 0,2 M

20. Temir va qo'rg'oshin plastinkalarini o'zlarining 0,005M tuzlari eritmasiga tushirilishidan hosil bo'lgan galvanik elementning ishlash sxemasini tuzing va elektr yurituvchi kuchini hisoblang.

21. To'yingan kalomel va rux elektrodlaridan tuzilgan galvanik elementning 25°C dagi kompensatsiya nuqtasiga to'g'ri keladigan reoxord elkasi 66,2sm ga teng. Veston elementi uchun to'g'ri keladigan elka 64,7 sm bo'lsa, rux elektrodining potentsialini hisoblang.

22. 291K da Veston elementining kompensatsiya nuqtasiga to'g'ri keladigan reoxord elkasi 67,9 sm ga, Yakobi – Daniel elementiga to'g'ri keladigan elka 48,4 sm ga teng. Galvanik elementning elektr yurituvchi kuchini hisoblang.

23. 0,01n va 0,005n nitrat kislotasi eritmalariga tushirilgan vodorod elektrodlaridan tashkil topgan galvanik elementning 25°C dagi elektr yurituvchi kuchini hisoblang. Nitrat kislotada eritmalarida to'la dissotsiatsiyalanadi.
24. 0,01 va 0,001n kaliy gidroksid eritmalariga tushirilgan galvanik elementning 25°C dagi elektr yurituvchi kuchini hisoblang. Kaliy gidroksidning eritmalaridagi dissotsiatsiya darajasi 1 ga teng.
25. Xingidron elektrodining potentsiali 25°C da 0,514 B ga teng. Eritma pHi ni hisoblang.
26. pHi 1,53 ga teng bo'lgan eritmaga tushirilgan vodorod elektrodi to'yingan kalomel elektrodidan tuzilgan galvanik elementning 25°C dagi elektr yurituvchi kuchini va vodorod elektrodi potentsialini hisoblang.
27. Normal vodorod elektrodi va xingidron elektrodlaridan tuzilgan galvanik elementga 18°C da qarshiliklar ko'prigida 34,2 sm masofa to'g'ri keladi. Veston elementiga to'g'ri keladigan masofa 71,2 sm bo'lsa, eritmaning pH ini hisoblang.
28. Tekshiruvchi eritmaga tushirilgan vodorod elektrodi va to'yingan kalomel elektrodlaridan tuzilgan galvanik elementning elektr yurituvchi kuchi 0,637 V ga teng. Eritmaning pHi, pOHi va vodorod ionlari konsentratsiyasini hisoblang.

Ilm nurdir va u mashhurlikka
boshlaydi, jaholat – zulmatdur va u
tubanlikka boshlaydi

Arab halq maqoli

VIII -BO'LIM

Kimyoviy kinetika

Kimyoviy reaksiyalar tezligi

Kimyoviy kinetika reaksiyalarning borish tezligi va unga ta'sir qiluvchi omillar (moddaning tabiati, konsentsiya harorat, bosim, katalizator) ni o'rganadi. Kinetikaning vazifasi reaksiyalar mexanizmini va fazoviy o'zgarishlarda ularning rolini aniqlashdan iborat. Reaksiya komponentlari nechta fazada ekanligiga qarab kinetikani 2ga bo'lish mumkin: gomogen reaksiyalar kinetikasi va geterogen reaksiyalar kinetikasi.

Geterogen sistemalarda jarayon kamida 2ta bosqichdan iborat bo'ladi: reaksiyaga kirishayotgan moddalarni chegara sath tomon diffuziyasi va sathdagi reaksiya. Ikkala bosqich tezliklari orasidagi farq juda katta. Jarayon tezligi sekin boradigan bosqich tezligi bilan belgilanadi. Agar reaksiya sathda borayotgan bo'lsa, reaksiya kinetik sohada borayapti deyiladi. Agar reaksiya tezligi reaksiyaga kirishuvchi moddalarni reaksiya zonasiga diffuzion tezligi bilan belgilansa, reaksiya diffuzion zonada borayapti deyiladi. Bunda reaksiya tezligi kinetik va diffuzion hodisalarning murakkab funktsiyasi hisoblanib, jarayon o'tish sohasida sodir bo'ladi.

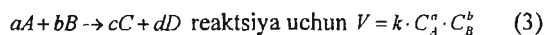
Gomogen reaksiyalarning tezligi deb vaqt birligi ichida hajm birligida modda konsentratsiyasining o'zgarishiga aytiladi. Reaksiya tezligi vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.

Shuni hisobga olib o'rtacha va haqiqiy tezlik tushunchalari kiritilgan.

$$\text{O'rtacha tezlik: } \bar{V} = \pm \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad (1)$$

Haqiqiy tezlik cheksiz kichik vaqt oralig'ida konsentratsiyaning cheksiz kichik o'zgarishi bilan o'lchanadi: $V = \pm \frac{dC}{dt}$ (2)

Kimyoviy kinetikaning asosiy postulati massalar ta'siri qonunidir. Uni Guldberg-Vaagelar ta'riflashgan. Kimyoviy reaksiyaning tezligi reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyalarining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional.



k – tezlik konstantasi.

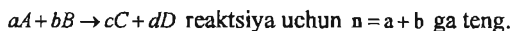
k – reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyalari birga teng bo'lgandagi reaksiya tezligi. Uning qiymati modda tabiati, harorat, katalizator, muhitga bog'liq bo'lib konsentratsiyaga bog'liq emas.

Kimyoviy kinetikada reaksiyalar molekulyarligi va tartibi bo'yicha sinflanadi. Bitta elementar to'qnashuvda ishtirok etgan molekular soni reaksiyaning molekulyarligi deyiladi. Reaksiyaning molekulyarligi bo'yicha mono-, bi-, trimolekulyar va polimolekulyar reaksiyalarga bo'linadi. Bu bo'linish bitta bosqichda boradigan elementar reaksiyalar uchun xosdir. Har bir reaksiyaning o'zining kinetik tenglamasi mavjud bo'lib, u reaksiya tezligini konsentratsiyaga bog'liqligini ifodalaydi:

$$V = f(c).$$

Bu bog'liqlik bo'yicha reaksiyalar nolinch, birinchi, ikkinchi, uchinchi va kasr tartibli bo'lishi mumkin. Nolinch tartibli reaksiyalarning tezligi konsentratsiyaga bog'liq emas.

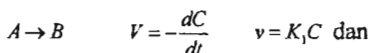
Birinchi tartibli reaksiyaning tezligi konsentratsiyaning birinchi, ikkinchi tartibli reaksiyalarda ikkinchi, uchinchi tartibli reaksiyalarda uchinchi darajasiga bog'liq. Umuman olganda, reaksiyaning tartibi kinetik tenglamadagi daraja ko'rsatkichlarining yig'indisiga teng.



Reaksiyaning molekulyarligi bilan tartibi faqat oddiy reaksiyalarda mos keladi. Ko'pchilik hollarda ular mos kelmaydi.

Shuning uchun reaksiyaning tartibi tajriba yo'li bilan aniqlanadi.

Birinchi tartibli reaksiyalar:



$-\frac{dC}{dt} = K_1 C$ (4) $t=0$ da $C_A = a$ ga teng, desak, ma'lum vaqtdan keyingi

konsentratsiya $(a-x)$ bo'ladi. x konsentratsiyaning kamayishini ko'rsatadi.

$$-\frac{d(a-x)}{dt} = K_1(a-x) \quad (5). \text{Tenglamani integrallasak, } K_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x} \quad (6) \text{ yoki}$$

$$K_1 = \frac{2,303}{t} \lg \frac{a}{a-x} \quad (7)$$

K_1 ning o'lchov birligi t^{-1} .

Birinchi tartibli reaksiyalarni xarakterlashda tezlik konstantasi bilan bir qatorda yarim emirilish davri ham qo'llaniladi.

$t_{1/2}$ yarim emirilish davri dastlabki konsentratsiya ikki marta kamayishi uchun ketgan vaqtni belgilaydi.

$$K_1 = \frac{2,303}{t_{1/2}} \lg 2 \text{ yoki } K_1 = \frac{0,693}{t_{1/2}} \quad (9) \text{ undan } t_{1/2} = \frac{0,693}{K} \quad (10)$$

Ikkinchi tartibli reaksiyalar uchun:

$$V = -\frac{dC}{dt} = K_2 \cdot C_1 \cdot C_2 \quad (11), \quad C_1 = C_2 \text{ bo'lsa, } -\frac{dC}{dt} = K_2 \cdot C^2 \quad (12)$$

$$C_1 \neq C_2 \quad C_1 = \frac{a-x}{V}, \quad C_2 = \frac{b-x}{V} \text{ deb olinsa,}$$

$$K_2 = \frac{1}{t(a-b)} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)} \text{ yoki } K_2 = \frac{2,303}{t(a-b)} \lg \frac{b(a-x)}{a(b-x)} \quad (15)$$

$$C_1 = C_2 = a-x \text{ bo'lsa,}$$

$$K_2 = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)} \quad (16)$$

K_2 ning o'lchov birligi $t^{-1}c^{-1}$.

$$\text{Ikkinchi tartibli reaksiyaning yarim emirilish davri } t_{1/2} = \frac{1}{K_2 \cdot a} \quad (17)$$

Uchinchi tartibli reaksiyalar juda kam uchraydi. $C_1 = C_2 = C_3$ bo'lganda

$$-\frac{dC}{dt} = K_3 \cdot C^3 \quad (18) \quad C = \frac{a-x}{V} \quad \text{deb olsak,} \quad \frac{dC}{dt} = K_3 \cdot (a-x)^3. \quad \text{Integrallasak,}$$

$$K_3 = \frac{1}{2t} \left[\frac{1}{(a-x)^2} - \frac{1}{a^2} \right] \quad (19). \quad \text{Yarim emirilish davri } t_{1/2} = \frac{3}{2K_3 \cdot a^2} \quad (20).$$

Masala yechish namunalari

1-masala. Birinchi tartibli reaksiyaning tezlik konstantasi $3,3 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$. 30 minutdan keyin dastlabki moddaning necha foizi parchalanadi va 50% modda parchalanishi uchun qancha vaqt kerak?

Yechish: Birinchi tartibli reaksiyaning kinetik tenglamasi

$$K_1 = \frac{2,303}{t} \lg \frac{a}{a-x} \quad \text{dan} \quad \frac{K \cdot t}{2,303} = \lg \frac{a}{a-x}$$

$$\frac{3,2 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{2,303} = \lg \frac{a}{a-x}$$

$$0,0417 = \lg \frac{a}{a-x}$$

$$\frac{a}{a-x} = \text{anti} \lg 0,0417 = 1,101$$

$$1,101a - a = 1,101x$$

$$0,101a = 1,101x$$

$$\frac{x}{a} = \frac{0,101}{1,101} = 0,0917 \quad \text{yoki } 9,17\%$$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{3,2 \cdot 10^{-3}} = 2,166 \cdot 10^2 \text{ min.}$$

2-masala. Metilamining 913K haroratda degidridlanish reaksiyasi $CH_3NH_2 \rightarrow HCN + 2H_2$ ning tezlik konstantasi $5 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ga teng. Qancha vaqtdan so'ng metilamin konsentratsiyasi 2 marta kamayadi?

Yechish: Reaksiya birinchi tartibli ekanligini inobatga olib $t_{1/2} = \frac{0,693}{K}$

formuladan foydalanamiz

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{5 \cdot 10^{-3}} = 136 \text{ c.}$$

3-masala. Etilatsetatning ishqor bilan sovunlanish reaksiyasining tezlik konstantasi $5,4 \text{ Kmol}^{-1} \text{ min}^{-1} \text{ m}^3$. Agar efir va ishqorning boshlang'ich konsentratsiyalari $0,02 \text{ Kmol/m}^3$ ga teng bo'lsa, 10 minut vaqt davomida reaksiyaga kirishgan efir miqdorini aniqlang.

Yechish: Tezlik konstantasining o'lchov birligidan ko'rinib turibdiki, ushbu reaksiya ikkinchi tartibli reaksiya. Reaksiya uchun olingan moddalar boshlang'ich konsentratsiyalari teng deb olinsa $K = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)}$ tenglamadan foydalanamiz.

$$5,4 = \frac{1}{10} \cdot \frac{x}{0,02(0,02-x)}$$

$$x = 0,0103 \text{ yoki } 51,9 \%$$

4-masala. Torfni qazib olish paytida yaxshi saqlangan qadimgi odam gavdasining qoldiqlari topildi. Qoldiqni tahlil qilish natijasida aniqlandiki, yarim ajralish davri $t_{1/2} = 9840$ yilga teng bo'lgan aminokislotaning parchalanishi 24,5% ni tashkil etar ekan. Shu asosda qadimgi odamning vafot qilgan vaqti aniqlansin.

Yechish: Tirik opganizmdagi aminokislotalarning parchalanishi birinchi tartibli reaksiyaga misol bo'ladi. Parchalanish mahsulotlarini yig'ilib qolishi asosida parchalanishning davom etgan vaqtini hisoblash mumkin.

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{K} \text{ dan } K = \frac{0,693}{t_{1/2}}$$

$$K = \frac{0,693}{9840} = 7,04 \cdot 10^{-5} \text{ yil}^{-1} \text{ va}$$

$$K = \frac{2,303}{t} \lg \frac{a}{a-x} \quad a = 100 \% \quad x = 24,5 \%$$

$$t = \frac{2,303}{K} \lg \frac{a}{a-x} = \frac{2,303}{7,04 \cdot 10^{-5}} \lg \frac{100}{100-24,5} = 3,27 \cdot 10^4 \lg \frac{100}{75,5} = 32713 \lg 1,3245 = 32713 \cdot 0,091 = 2992$$

Demak qadimgi odam 2992 yil avval vafot etgan ekan.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. $5. 2A + B \rightleftharpoons 2D$ reaksiya berilgan. A moddaning dastlabki konsentratsiyasi $1,5 \text{ mol/l}$, B moddaniki 3 mol/l . Reaksiya tezlik konstantasi $0,4 \text{ l}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ min}^{-1}$.

Reaksiyaning dastlabki vaqtdagi tezligi va A moddaning 75% reaksiyaga kirishgan vaqtdagi tezligini hisoblang.

2. Azot (I) – oksidning oltin sathida yuqori haroratda parchalanishi $2N_2O=2N_2+O_2$ tenglama bo'yicha kechadi. Reaksiyaning $900^{\circ}C$ dagi tezlik konstantasi $5 \cdot 10^{-4} \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$. Azot (I) oksidning dastlabki konsentratsiyasi $3,2 \text{ mol/l}$. Reaksiyaning dastlabki va $0,8 \text{ mol}$ azot (I) – oksid parchalangan vaqtdagi tezliklarini hisoblang.
3. Birinchi tartibli reaksiyada 3 soatda reaksiya uchun olingan moddaning yarmi reaksiyaga kirishdi. Xuddi shu sharoitda 75% modda reaksiyaga kirishishi uchun qancha vaqt kerak?
4. Berilgan haroratda 10 soat ichida 30% modda parchalandi. 99% modda qancha vaqtda parchalanadi?
5. Vodorod peroksidining parchalanishi birinchi tartibli reaksiya qonuniga bo'ysunadi. Reaksiyaning tezlik konstantasi $0,05081 \text{ min}^{-1}$. Reaksiyaning yarim emirilishi davri va 99,9% modda parchalanishi uchun ketadigan vaqtni hisoblang.
6. Birinchi tartibli reaksiyada 25% modda 25 minutda reaksiyaga kirishdi. Reaksiyaning tezlik konstantasini hisoblang.
7. Birinchi tartibli reaksiyaning tezlik konstantasi $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ Reaksiya boshlangandan 10 soat o'tgach qancha modda reaksiyaga kirishmay qoladi? Dastlabki konsentratsiya 1 mol/l .
8. $C_A = C_B$ bo'lgan bimolekulyar reaksiyada 10 minutda 25% modda ta'sirlashadi. Shu haroratda reaksiyaning yarim emirilishi davrini hisoblang.
9. $CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$ reaksiyaning tezlik konstantasi $5,4 \text{ min}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ l}$. Ishqor va efirning dastlabki konsentratsiyalari teng bo'lib, $0,02 \text{ mol/l}$ bo'lsa, 10 minutda qancha % efir gidrolizlanadi?
10. $0,01n$ etilatsetat $20^{\circ}C$ da $0,02n$ natriy gidroksid bilan gidrolizlanganda 23 minutda 10% efir reaksiyaga kirishdi. Reaksiyaga kirishuvchi moddalar konsentratsiyalari 5 marta kamaytirilsa, shu miqdordagi efir gidrolizlanishi uchun qancha vaqt kerak bo'ladi?

Kimyoviy reaksiya tezligiga haroratning ta'siri.

Aktivlanish energiyasi

Har qanday reaksiyaning tezligi reaksiyaga kirishuvchi molekularning to'qnashuvlari soniga bog'liq. To'qnashuvlar soni konsentratsiyaga bog'liq. To'qnashayotgan molekula berilgan haroratda ma'lum energiya zahirasiga ega bo'lgandagina reaksiya sodir bo'ladi. Molekulalarning o'rtacha energiyasidan ortiq bo'lgan, ularning kimyoviy ta'sirlashuvi uchun zarur bo'lgan energiya aktivlanish energiyasi deyiladi. Har bir reaksiya ma'lum aktivlanish energiyasi bilan xarakterlanadi. Aktivlanish energiyasi qancha kichik bo'lsa, shuncha ko'p molekula reaksiya sodir bo'lishi uchun etarli energiyaga ega bo'ladi va reaksiya tezligi yuqori bo'ladi va aksincha.

Katalizatorlar aktivlanish energiyasini kamaytirib, reaksiya tezligini oshiradi. Aktivlanish energiyasi moddalarning tabiatiga bog'liq. Katta aktivlanish energiyasiga ega bo'lgan reaksiyaning tezligini molekularning energiyasini oshirish orqali tezlashtirish mumkin. Bunday usullardan biri haroratni oshirishdir. Haroratni oshishi molekularning harakatini tezlashtirishi bilan birga aktiv molekular sonini ham oshiradi. Aktiv molekular sonining ortishi effektiv to'qnashuvlar sonini va reaksiya tezligini oshirishga olib keladi.

Vant-Goffning empirik qoidasi bo'yicha haroratni har 10°C ga oshirilsa, gomogen reaksiyalarning tezligi 2 – 4 marta ortadi. $j = \frac{K_{T+10}}{K_T}$ (1)

j – harorat koeffitsienti.

K_T – T haroratdagi tezlik konstantasi.

K_{T+10} – $T+10$ haroratdagi tezlik konstantasi.

j – 2 va 4 oralig'ida bo'ladi. Undan

$$\frac{K_{T+2a}}{K_T} = j^2 \quad \frac{K_{T+n \cdot 10}}{K_T} = j^n \quad (2) \text{ yoki}$$

$$\frac{K_{T_2}}{K_{T_1}} = j^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \quad \frac{V_{T_2}}{V_{T_1}} = j^{\frac{\Delta T}{10}} \quad (3)$$

Kimyoviy reaksiya tezligiga haroratning ta'siri Arrenius tenglamasida aniqroq ifodalanadi.

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{E}{RT^2} \quad (4)$$

K – tezlik konstantasi,

E – aktivlanish energiyasi,

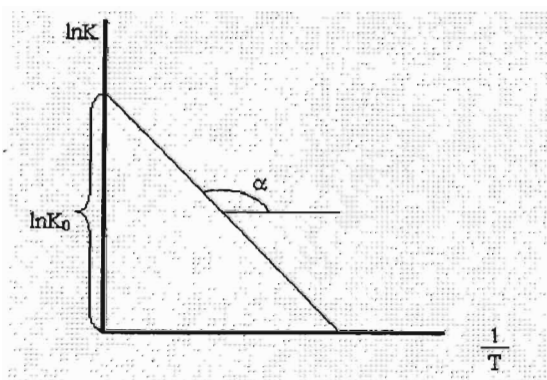
T – Absolyut harorat, K

R – Universal gas doimiysi.

(4) tenglamani integrallansa $\ln K = -\frac{E}{RT} + \ln K_0$ yoki $K = K_0 e^{\frac{E}{RT}}$ (5)

Bunda $\operatorname{tg} \alpha = -\frac{E}{R}$ yoki $E = -R \cdot \operatorname{tg} \alpha$. $\ln K_0$ to'g'ri chiziq ordinata o'qida kesib o'tgan kesmaga teng.

Tajriba natijalari bo'yicha $\ln K$ bilan $\frac{1}{T}$ orasidagi bog'lanish to'g'ri chiziqni beradi.



(4) tenglamani T_1 dan T_2 gacha va K_1 dan K_2 gacha integrallansa va o'nli

logarifmga o'tilsa, $2,303 \lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ yoki $E = \frac{2,303 \cdot R \cdot \lg \frac{K_2}{K_1} \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1}$ kelib chiqadi.

Demak, T_1 va T_2 haroratlardagi K_1 va K_2 tezlik konstantalari ma'lum bo'lsa, reaksiyaning aktivlanish energiyasini hisoblab topish mumkin.

Masala yechish namunalari

1 – masala. Reaksiya tezligining harorat koeffitsenti 3 ga teng. Reaksiya tezligi 60 marta ortishi uchun haroratni necha gradus oshirish kerak?

Yechish: $\lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta T}{10} \lg \gamma$ dan foydalanamiz.

$$10 \lg 60 = \Delta T \lg 3$$

$$\Delta T = \frac{10 \lg 60}{\lg 3} = \frac{10 \cdot 0,7782}{0,4771} = 37,27^\circ$$

2- masala. Birinchi tartibli reaksiyada 25°C da 30 minut 30% modda sarflanadi. 40°C da esa shuncha modda 5 minutda sarf bo'ladi. Ushbu reaksiyaning aktivlanish energiyasini hisoblang.

Yechish: Tezlik konstantalari bilan vaqt teskari proportsionalligidan $\frac{K_2}{K_1} = \frac{t_1}{t_2}$ yozish

mumkin.

$$\text{Bundan } \lg \frac{t_1}{t_2} = \frac{E}{2,303 \cdot R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 \cdot T_1}$$

$$E = \frac{2,303 \cdot R \cdot \lg \frac{t_1}{t_2} \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1};$$

$$E = \frac{2,303 \cdot 8,31 \cdot \lg \frac{30}{5} \cdot 298 \cdot 313}{313 - 298} = 92654 \text{ Ж / моль} = 926654 \text{ кЖ / моль}$$

3- masala. Reaksiyaning tezlik konstantasi 300K da 0,04, 350K da 0,8 bo'lsa, reaksiyaning aktivlanish energiyasini hisoblang.

Yechish: $\lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{E}{2,303 \cdot R} \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{T_2 \cdot T_1}$ dan foydalanamiz.

$$E = \frac{2,303 \cdot R \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \lg \frac{K_2}{K_1}}{T_2 - T_1} = \frac{2,303 \cdot 8,31 \cdot 300 \cdot 350 \cdot \lg \frac{0,8}{0,04}}{350 - 300} = 52311 \text{ J/mol} = 52,31 \text{ kJ/mol}$$

4 – masala. 293K da katalizator berilgan reaksiyaning aktivlanish energiyasini 20 kJ/mol ga kamaytiradi. Katalizator ishtirokida reaksiya tezligi necha marta ortadi?

Yechish: Arrenius tenglamasidan foydalanamiz. Uni katalizatorsiz reaksiya va katalizator ishtirokidagi reaksiya uchun yozib olamiz.

$$\lg K_1 = \lg K_0 - \frac{E_1}{RT} \text{ katalizatorsiz reaksiya uchun}$$

$$\lg K_2 = \lg K_0 - \frac{E_2}{RT} \text{ katalizator ishtirokidagi reaksiya uchun } \lg K_2 - \lg K_1 = \frac{E_2}{RT} - \frac{E_1}{RT}$$

$$\lg \frac{K_2}{K_1} = \frac{E_2 - E_1}{2,303RT} = \frac{20}{2,303 \cdot 8,314 \cdot 293} = 3,565$$

$$\lg \frac{K_2}{K_1} = 3,565$$

$$\lg \frac{K_2}{K_1} = 3,673 \text{ marta}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. Reaksiya tezligi 90 marta ortishi uchun haroratni necha gradusga ko'tarish kerak? Reaksiyaning harorat koeffitsenti 2,7.
2. Harorat koeffitsienti 3 ga teng bo'lsa, reaksiya tezligi 50 marta ortishi uchun haroratni necha gradus oshirish kerak?
3. 20°C da reaksiya 180 minut davom etadi. Ushbu reaksiya 45 minut davom etishi uchun harorat necha gradus bo'lishi kerak? Reaksiya harorat koeffitsenti 3,2.
4. Vodorod yodidning parchalanish reaksiyasining 356°C dagi tezlik konstantasi $8,09 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. Reaksiyaning 374°C dagi tezlik konstantasini hisoblang. Harorat koeffitsenti 2.
5. Tsiklopropaning detsiklizatsiya reaksiyasining tezlik konstantasi harorat 750K dan 800K ga oshganda 14,5 marta ortdi. Reaksiyaning harorat koeffitsentini hisoblang.
6. Birinchi tartibli reaksiyaning tezlik konstantasi 288K da $2 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ ga, 325K da $0,38 \text{ s}^{-1}$ ga teng. Reaksiyaning harorat koeffitsenti va 303K dagi tezlik konstantasini hisoblang.
7. Trixlorosirka kislotasining dekarboksillash reaksiyasining aktivlanish energiyasi 180 kJ/mol. Reaksiyaning 350K dagi harorat koeffitsentini aniqlang.

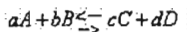
8. Harorat 295K dan 305K ga ko'tarilganda reaksiya tezligi 2 marta oshsa, aktivlanish energiyasini hisoblang.
9. Birinchi tartibli reaksiyaning yarim emirilish davri 323K da 100 min, 353K da 15 min bo'lsa, harorat koeffitsentini hisoblang.
10. Reaksiyaning tezlik konstantasi 298 va 323K da mos ravishda $9,3 \cdot 10^{-3}$ va $8,06 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ ga teng. Reaksiyaning aktivlanish energiyasini hisoblang.
11. Saxarozaning inversiya reaksiyasining tezlik konstantasi 25°C da $9,67 \cdot 10^{-3}$, 40°C da $73,4 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ga teng. Berilgan harorat oralig'ida reaksiyaning aktivlanish energiyasi hisoblansin.
12. $\text{N}_2\text{O}_5 = \text{N}_2\text{O}_4 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ reaksiyaning aktivlanish energiyasi 103,5 kJ/mol. Reaksiyaning 298K dagi tezlik konstantasi $2,03 \cdot 10^{-3} \text{ c}^{-1}$. Bu reaksiyaning 313K dagi tezlik konstantasini hisoblang.
13. Reaksiyaning 393K va 413K lardagi tezlik konstantalari mos ravishda $4,02 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ va $19,83 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ga teng. Ushbu reaksiya uchun Arrenius tenglamasidagi $\ln K_0$ qiymatini hisoblang.
14. Ikkita bir xil tartibli reaksiyalarda $\ln K$ ning qiymatlari teng. Lekin ularning aktivlanish energiyalari farq qiladi: $E_2 - E_1 = 83,196 \text{ kJ/mol}$ 433K da ular tezlik konstantalari nisbatini aniqlang.
15. $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_2 \xrightleftharpoons{>} \text{CO}_2 + \text{H}$ reaksiyaning 288K va 313K dagi tezlik konstantalari mos ravishda $3,1 \cdot 10^{-4}$ va $8,15 \cdot 10^{-3} \text{ l.mol}^{-1}\text{min}^{-1}$ bo'lsa, aktivlanish energiyasining 303K dagi qiymatini hisoblang.
16. Sirka aldegid bug'larining parchalanish reaksiyasining 460°C va 518°C dagi tezlik konstantalari $3,5 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ va $3,43 \cdot 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ ga teng. Reaksiyaning 486°C dagi aktivlanish energiyasi va tezlik konstantasini hisoblang.
17. Sirka etil efrining ishqor bilan sovunlanish reaksiyasi tezlik konstantalari $9,4^{\circ}\text{C}$ da $2,37 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ga, $14,4^{\circ}\text{C}$ da, $3,204 \cdot 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ ga teng. Qanday haroratda tezlik konstantasi $15 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ga teng bo'ladi?
18. Organik kislotaning suvli muhitda parchalanish reaksiyasining tezlik konstantasi 20°C da $47,5 \cdot 10^{-5} \text{ min}^{-1}$, 40°C da $576 \cdot 10^{-5} \text{ min}^{-1}$ ga teng.

Reaksiyani birinchi tartibli deb hisoblab, 30°C dagi yarim ajralish vaqtini hisoblang.

19. Katalizator reaksiyaning aktivlanish energiyasi qiymatini 40 kJ/mol ga kamaytiradi. Reaksiya 300K da olib boriladi. Katalizator reaksiya tezligi necha martaga oshirgan?
20. Katalizator reaksiyaning aktivlanish energiyasini 60 kJ/mol dan 20 kJ/mol ga pasaytiradi. 300 K da katalizator harorat ko'effitsentiga qanday ta'sir qiladi?

Kimyoviy muvozanat va muvozanat konstantasi

Qaytar reaksiyalarda vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan holat kimyoviy muvozanat deyiladi. Kimyoviy muvozanat to'g'ri va teskari reaksiyalar tezliklari tenglashganda sodir bo'ladi.



$$V_{\text{to'g'ri}} = K_1 C_A^a \cdot C_B^b \quad V_{\text{teskari}} = K_2 C_C^c \cdot C_D^d \quad V_{\text{to'g'ri}} = V_{\text{teskari}}$$

$K_1 C_A^a \cdot C_B^b = K_2 C_C^c \cdot C_D^d$ va muvozanat konstantasi

$$K_c = \frac{K_1}{K_2} = \frac{C_C^c \cdot C_D^d}{C_A^a \cdot C_B^b}$$

C_A, C_B, C_C, C_D - muvozanat konsentratsiyalari.

Gaz fazada boradigan reaksiyalar uchun reaksiyaga kirishuvchi moddalarning partial bosimlari hisobga olinadi va muvozanat konstantasi quyidagicha

$$\text{ifodalanadi: } K_p = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b}$$

P_A, P_B, P_C, P_D lar muvozanat bosimlari.

K_p va K_c lar orasidagi bog'lanishni Mendeleev- Klaypeyron tenglamasi $P = CRT$ orqali keltirib chiqarish mumkin va u $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ ga teng.

Δn - stexiometrik ko'effitsentlarning algebraik yig'indisi.

Geterogen reaksiyalarda muvozanat konstantasining matematik ifodasiga gaz moddalarning partial bosimlari va muvozanat konsentratsiyalari qiymatlari kiritiladi.

$\text{FeO}_{(q)} + \text{CO}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(q)} + \text{CO}_{2(g)}$ reaksiya uchun $K_p = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}}$ ko'rinishda yoziladi.

Masala yechish namunalari

1-masala. $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ reaksiyaning 1973K dagi umumiy bosimi 1,0133·10⁵ Pa. Reaksiyon aralashmaning muvozanat vaqtidagi hajmiy tarkibi 86,71% CO₂, 8,86% CO va 4,43% O₂. Reaksiyaning K_c va K_p larini hisoblang.

Yechish: Berilgan reaksiya uchun $K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}^2}$;

Har bir modda uchun partsiyal bosimlarni hisoblaymiz.

$$P_{\text{CO}_2} = P_{\text{um}} \cdot 0,8671 = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,8671 = 0,8786 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{CO}} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,0866 = 0,0898 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{O}_2} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,0443 = 0,0449 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

K_p ning qiymatini hisoblaymiz.

$$K_p = \frac{(0,0898 \cdot 10^5)^2 \cdot 0,0449 \cdot 10^5}{(0,8796 \cdot 10^5)^2} = 46,89 \text{ Pa}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \text{ dan } K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}; \Delta n = 2 + 1 - 2 = 1$$

$$K_c = \frac{K_p}{RT^{\Delta n}} = \frac{46,89}{8,31 \cdot 1973} = 2,86 \cdot 10^{-3}$$

2-masala. 2 mol HCl 0,96 mol O₂ bilan aralastirilganda 0,42 mol Cl₂ hosil bo'ladi. $2\text{HCl} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$ Sistemaning umumiy bosimi 1,0133·10⁵ Pa 659K dagi muvozanat konstantasini aniqlang.

Yechish: Ushbu reaksiya uchun $K_p = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}^2 \cdot P_{\text{Cl}_2}^2}{P_{\text{HCl}}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}$ Reaksiya tenglamasiga binoan

0,42 mol Cl₂ hosil bo'lishi uchun 0,84 mol HCl va 0,21 mol O₂ sarf bo'ladi.

Muvozanat vaqtida xlorning miqdori suv miqdoriga teng.

$$n_{\text{Cl}_2} = n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,42 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = 2 - 0,84 = 1,16 \text{ mol}$$

$$n_{O_2} = 0,96 - 0,21 = 0,75 \text{ mol}$$

Umumiy mollar soni $0,42+0,42+1,16+0,75=2,75$ mol. Komponentlarning partial bosimlarini $P_i = P_{\text{um}} \cdot N_i$ bo'yicha hisoblaymiz.

$$P_{H_2O} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,42}{2,75} = 1,55 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_{Cl_2} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,42}{2,75} = 1,55 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_{HCl} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot \frac{1,16}{2,75} = 4,27 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_{O_2} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,15}{2,75} = 0,55 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$K_p = \frac{(1,55 \cdot 10^4)^2 \cdot (1,55 \cdot 10^4)^2}{(4,27 \cdot 10^4)^4 \cdot 0,55 \cdot 10^4} = 2,68 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$$

3 – masala. Yopiq idishda vodorod va yodni 386°C da qizdirilsa quyidagi reaksiya sodir bo'ladi. $H_2 + J_2 \rightleftharpoons 2HJ$

Muvozanat vaqtida aralashmada 5,38 mol vodorod yodid, 0,14 mol yod va 4,12 mol vodorod bor. Reaksiyaning muvozanat konstantasi hamda vodorod va yodlarning dastlabki konsentratsiyalarini hisoblang.

Yechish: Muvozanat konstantasi $K_c = \frac{C_{HJ}^2}{C_{H_2} \cdot C_{J_2}}$

$$K_c = \frac{(5,38)^2}{0,14 \cdot 4,12} = 50,18$$

Tenglamaga ko'ra 2 mol HJ hosil bo'lishi uchun 1 mol H_2 va 1 mol J_2 sarf bo'ladi. Muvoznat yuzaga kelganda 5,380 mol HJ hosil bo'ladi. Buning uchun $\frac{5,38}{2} = 2,69$ mol H_2 va J_2 sarf bo'lgan. Ularning dastlabki konsentratsiyalari:

$$C_{J_2} = 2,69 + 0,14 = 2,83 \text{ mol}$$

$$C_{H_2} = 2,69 + 4,12 = 6,81 \text{ mol}$$

4- masala. $H_2 + J_2 \rightleftharpoons 2HJ$ reaksiyaning tezlik konstantasi 50 ga teng. J_2 va H_2 larning dastlabki konsentratsiyalari 0,6 va 0,8 mol/l bo'lsa, ularning muvozanat konsentratsiyalarini hisoblang.

Yechish: Tenglama bo'yicha 1 mol H_2 va J_2 dan 2 mol HJ hosil bo'ladi.

$$C_{H_2} = C_{J_2} = X \text{ mol/l}$$

$$C_{HJ} = 2X \text{ mol/l}$$

Muvozanat konsentratsiyalari

$$C_{J_2} = (0,6 - X) \text{ mol/l}$$

$$C_{H_2} = (0,8 - X) \text{ mol/l}$$

$$C_{HJ} = 2 \text{ mol/l}$$

$$K_c = \frac{C_{HJ}^2}{C_{H_2} \cdot C_{J_2}}$$

$$50 = \frac{(2X)^2}{(0,6 - X)(0,8 - X)} = \frac{4X^2}{X^2 - 1,40X + 0,48}$$

$$50X^2 - 70X + 24 = 4X^2$$

$$46X^2 - 70X + 24 = 0$$

$$X_{1,2} = \frac{70 \pm \sqrt{70^2 - 4 \cdot 46 \cdot 24}}{2 \cdot 46} = \frac{70 \pm \sqrt{4900 - 4416}}{92} = \frac{70 \pm 22}{92}$$

$$X_1 = 1$$

$$X_2 = 0,52$$

$X = 1$ bo'lishi mumkin emas, u 0,6 moldan kam bo'lishi kerak. Demak, $X = 0,52$.

Bundan muvozanat konsentratsiyalari:

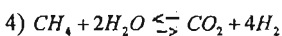
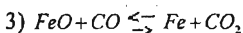
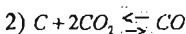
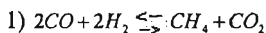
$$C_{J_2} = 0,6 - 0,52 = 0,08 \text{ mol/l}$$

$$C_{H_2} = 0,8 - 0,52 = 0,28 \text{ mol/l}$$

$$C_{HJ} = 2 \cdot 0,52 = 1,04 \text{ mol/l}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Quyidagi reaksiya uchun muvozanat konstantasini ifodalaringizni yozing:



2. $SO_2 + Cl_2 \rightleftharpoons SO_2Cl_2$ reaksiyaning K_c qiymati $102^\circ C$ da 13,33. Reaksiyaning shu haroratdagi K_p qiymatini hisoblang.

3. $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$ reaksiya uchun K_p ning qiymati $600K$ da $1,67 \cdot 10^{-6}$ ga teng. Shu haroratda reaksiyaning K_c qiymatini hisoblang.

4. $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ sistemada uglerod (II) oksid va suv bug'ining dastlabki konsentratsiyalari teng bo'lib $0,08 \text{ mol/l}$ bo'lsa, CO , H_2O va H_2 larning muvozanat konsentratsiyalari va muvozanat konstantasini hisoblang.

5. $FeO + CO \rightleftharpoons Fe + CO_2$ reaksiya uchun $1000^\circ C$ da K_p si $0,4$ ga teng.

Muvozanat vaqtidagi sistema tarkibini aniqlang.

6. Fosgen sintezida quyidagi muvozanat qaror topadi: $Cl_2 + CO \rightleftharpoons COCl_2$

Xlor va uglerod (II) oksidning dastlabki konsentratsiyalarini aniqlang. Muvozanat konsentratsiyalari (mol/l):

$$C_{Cl_2} = 2,5; C_{CO} = 1,8; C_{COCl_2} = 3,2.$$

7. $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ reaksiyaning $930,5^\circ C$ dagi muvozanat konstantasi K_c 1ga teng. Reaksiyagacha idishda 3 mol CO va 4 mol H_2O aralashtirilgan. Muvozanat vaqtida sistemaning tarkibi qanday bo'ladi?

8. $CH_3COOH + C_2H_5 \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$ reaksiyada muvozanat vaqtida aralashmada $1/3 \text{ mol}$ dan kislota va spirt, $2/3 \text{ mol}$ dan efir va suv bo'ladi. Agar:

a) 1 mol kislota va 2 mol spirt;

b) 1 mol kislota va 3 mol spirt;

v) 1 mol kislota va 2 mol spirt, 1 mol suv va 1 mol efir olinsa, muvozanat vaqtida aralashmada qancha efir bo'ladi?

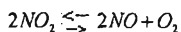
9. $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ sistemasida muvozanat vaqtida $0,3 \text{ mol/l}$ azot, $0,9 \text{ mol/l}$ vodorod, $0,4 \text{ mol/l}$ ammiak bor. Reaksiyaning muvozanat konstantasi va azot bilan vodorodning dastlabki konsentratsiyalarini hisoblang.

10. $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ reaksiyaning $673K$ dagi muvozanat konstantasi K_c $0,1$ ga teng. Muvozanat konsentratsiyalari:

$$C_{H_2} = 0,6 \text{ mol} \text{ va } C_{NH_3} = 0,18 \text{ mol}.$$

Azotning dastlabki va muvozanat konsentratsiyalarini hisoblang.

11. $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$, quyidagi muvozanat qaror topadi.



Muvozanat vaqtida aralashma tarkibidagi moddalar reaksiyaning muvozanat konstantasi 4 ga teng. 115g spirt va 45 g kislota olinsa qancha efir hosil bo'ladi.

12. Azot (IV) oksidni yopiq idishda ma'lum haroratda qizdirilganda konsentratsiyalari: $C_{NO_2} = 0,3$ mol/l, $C_{NO} = 1,2$ mol/l va $C_{O_2} = 0,6$ mol/l. Reaksiyaning shu haroratdagi muvozanat konstantasi va azot (IV) oksidning dastlabki konsentratsiyasini hisoblang.

13. $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ reaksiyada 500K da muvozanat vaqtida 54% PCl_5 ning dastlabki konsentratsiyasi 1 mol/l deb, reaksiyaning muvozanat konstantalari K_c va K_p ni hisoblang.

14. Vodorod va yodni yopiq idishda 444°C da qizdirilsa quyidagi reaksiya sodir bo'ladi: $H_2 + J_2 \rightleftharpoons 2HJ$

Muvozanatdagi aralashma tarkibida 9,48 mol HJ, 0,56 mol yod va 3,2 mol vodorod bor. Reaksiyaning shu haroratdagi muvozanat konstantasini vodorod va yodning dastlabki konsentratsiyalarini hisoblang.

15. $SO_2 + Cl_2 \rightleftharpoons SO_2Cl_2$ reaksiyaning 375K dagi muvozanat konstantasi $K_c = 9,27$ mol/l. SO_2 va Cl_2 dastlabki konsentratsiyalari:

a) $[SO_2] = [Cl_2] = 1$ mol/l.

b) $[SO_2] = 1$ mol/l; $[Cl_2] = 2$ mol/l bo'lsa, SO_2Cl_2 ning muvozanat konsentratsiyasini hisoblang.

16. $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ reaksiyaning 986°C dagi muvozanat konstantasi 1,60. Dastlabki aralashmada 40% CO va 60% suv bug'i bo'lgan bo'lsa, muvozanat vaqtidagi aralashma tarkibini aniqlang.

IX - BO'LIM

Sathdagi hodisalar

Kolloid kimyo ob'ektlari uchun ikkita belgi xarakterlidir: geterogenlik va disperslik. Geterogenlik bu ko'p fazalilik bo'lib, fazalaro chegara sathning borligini bildiradi. Disperslik maydalanish darajasi bo'lib, moddalarning dispersligi har xil shakllarda – sferik, silindrik, to'g'ri turtburchak, kub aksari hollarda noaniq bo'lishi mumkin.

Dispers sistemalarda chegara sath juda katta bo'ladi, shu sababli ularda sathdagi hodisalar katta ahamiyatga ega. Moddaning disperslik darajasi solishtirma sath bilan xarakterlanadi. Solishtirma sath bir hajm yoki bir og'irlik birligidagi maydalangan zarrachalar sathlarining yig'indisi. Solishtirma sath zarrachalar umumiy sathining maydalangan modda hajmi V (yoki massasi m)ga nisbatiga teng:

$$S_{\text{sol}} = \frac{S}{V} = n \cdot S_0$$

n – zarrachalar soni;

S_0 – bitta zarracha sathi.

$$S_{\text{sol}} = \frac{S}{m} = \frac{S}{V \cdot \rho} = n_1 \cdot S_0$$

n_1 – 1kg moddadagi zarrachalar soni;

ρ – maydalangan modda zichligi.

Zarrachalar shar shaklida bo'lsa, sistemaning solishtirma sathini hisoblash uchun zarracha o'rtacha radiusini bilish kifoya

$$S_{\text{sol}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3} = \frac{3}{r} \text{ m}^{-1}$$

yoki

$$S_{sol} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho} = \frac{3}{r \cdot \rho} \text{ m}^2/\text{kg}$$

Zarrachalar kub shaklida bo'lsa,

$$S_{sol} = \frac{6 \cdot l^2}{l^3} = \frac{6}{l} \text{ m}^{-1} \quad S_{sol} = \frac{6 \cdot l^2}{l^3 \cdot \rho} = \frac{6}{l \cdot \rho} \text{ m}^2/\text{kg}.$$

Sathdagi molekula bilan hajmdagi molekulaning energetik holatlari bir xil emas. Sathki qatlam molekulyar kuchlarning to'la sarflanmasligi tufayli ortiqcha erkin energiyaga ega. Bu energiyaning yuza birligiga to'g'ri kelgan qismi solishtirma erkin sath energiyasi (sirt taranglik) deyiladi va δ harfi bilan belgilanadi. Sirt taranglikni sathni kengaytiruvchi kuch deb qarash mumkin yoki sathni bir yuza birligiga kengaytirish uchun sarflanadigan ishga teng deyish mumkin.

Erkin sath energiyasi $G = \sigma \cdot S$ formula bilan hisoblanadi.

σ – sirt taranglik

S – chegara sath yuzasi;

G – erkin energiya;

Erkin energiya termodinamikaning ikkinchi qonuniga binoan minimumga intiladi. Sath energiyani kamaytirishga olib keladigan hodisalardan biri adsorbtsiyadir.

Sirt taranglikni faqat suyuqlik gaz chegarasida o'lchash mumkin. Sirt taranglikni o'lchashni bir qancha usullari bor. Rebinder usuli havo pufakchasini chiqarish uchun kerak bo'lgan maksimal bosimni o'lchashga asoslangan. Bunda

$$\sigma = \sigma_0 \frac{P}{P_0}$$

σ_0 – suvning sirt tarangligi;

P_0 – toza suvda pufakcha chiqarish uchun kerak bo'lgan bosim;

P – tekshirilayotgan suyuqlikda pufakcha chiqaradigan bosim.

Tomchini sanash usuli Traube tomonidan ishlab chiqilgan. Bu usul stalagmometr asbobida bajariladi. Ma'lum standart hajmdan oqib chiqadigan tomchilar soni standart va tekshirilayotgan suyuqlik uchun sanaladi va $\sigma = \sigma_0 \frac{n_0 \cdot \rho}{n_1 \cdot \rho_0}$

n_0 – standart suyuqlik tomchilari soni;

n_1 – tekshirilayotgan suyuqlik tomchidari soni;

ρ_0 – standart suyuqlik zichligi;

ρ_1 – standart suyuqlik zichligi bu keltirilgan usullar bilan toza suyuqliklar va chin eritmalarning sirt tarangliklarini o'lchash mumkin.

Yuqori molekulyar birikmalar eritmaları va kolloid eritmalar uchun statik usullardan foydalanish ma'qul. Ulardan biri kapiliardan suyuqlikning ko'tarilish usuli molekulyar harakat fazalarning chegara sathi egriligiga bog'liqligiga asoslangan. Qabariq sathda molekulyar harakat tekis sathdagiga qaraganda ko'p, botiq sathda kam bo'ladi. Bu usulda quyidagi formula qo'llaniladi.

$$\sigma = \frac{h \cdot r \cdot \rho \cdot g}{2}$$

h – kapilyardan ko'tarilish balandligi (m);

r – kapilyar radiusi (m);

ρ – zichlik (kg/m^3);

g – erkin tushish tezlanishi (m/s^2).

Sirt taranglikni o'lchash uchun yana "halqani uzush" usulini ham qo'llash mumkin. Bu usulda metaldan yasalgan halqa suyuqlik sathiga tushiriladi va tarozi richagi bilan muvozanatlashtiriladi. So'ngra halqani suyuqlik yuzasidan uzish uchun kuch qo'yiladi. Qo'yilgan kuch suyuqlik sirt tarangligiga proporsional

$$F = K \cdot \sigma$$

K – halqaning diametri, o'lchami, qo'llanish burchagiga bog'liq bo'lgan doimiylik. Uning qiymati standart suyuqlik, odatda suv uchun aniqlanadi.

Termodinamikaning 2 qonuniga binoan ortiqcha erkin energiyaga ega bo'lgan sistemalarda uni kamayishiga olib keladigan jarayonlar o'z-o'zidan sodir bo'ladi. Fazalar chegarasida o'z-o'zidan sodir bo'ladigan jarayonlardan biri- adsorbtsiya. Keng ma'noda olganda ikkita faza chegarasida modda konsentratsiyasining

o'zgarishi adsorbtsiya deyiladi. Sath yuzasida modda konsentratsiyasi ortsa musbat adsorbtsiya, kamaysa manfiy adsorbtsiya deyiladi.

Eritmalarda adsorbtsiya sirt taranglik o'zgarishi bilan kuzatiladi.

Eritma – gaz chegarasidagi adsorbtsiya 1m^2 sath yuzasidagi modda miqdori bilan o'lchanadi.

$$\Gamma = \frac{1}{S}$$

S -1 kmol erigan modda adsorbtsiyalangan yuza;

Suyuqlik sathidagi adsorbtsiyani Gibbs tenglamasi bo'yicha hisoblanadi.

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}$$

C –eritma konsentratsiyasi, kmol/m^3 ;

R –gaz doimiysi $\text{J}/\text{mol}\cdot\text{K}$;

T –absolyut harorat;

$\frac{d\sigma}{dC}$ – sirt taranglikning konsentratsiya o'zgarishi bilan o'zgarishi.

Gibbs tenglamasini

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}$$

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \left(\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{C_2 - C_1} \right) \text{ ko'rinishda yozish mumkin.}$$

Musbat adsorbtsiyada erigan moddaning yuza qatlamidagi konsentratsiyasi hajmidagiga nisbatan katta bo'ladi. Musbat adsorbtsiyalanadigan va sirt tarangligini kamaytiruvchi moddalar sirt – aktiv moddalar deyiladi. Yuzaning erigan modda bilan to'yingan eng yuqori qiymati Γ_∞ – adsorbtsiya bilan belgilanadi.

Sirt aktiv moddalar eritmalarida sirt tarangligining o'zgarishi Shishkovskiy tenglamasi bilan aniqlanadi.

$$\sigma_0 - \sigma = \alpha(1 + bc)$$

σ_0 – erituvchining sirt tarangligi (n/m);

σ –eritmaning sirt tarangliru;

a va σ empirik doimiyliklar;

C – eritma konsentratsiyasi, kmol/ m³;

a - gomologik qator uchun bir xil qiymat

$$a = \Gamma_{\infty} RT$$

b – SAMning sirt aktivligini xarakterlaydi va Lengmyur tenglamasidagi adsorbtsion muvozanat doimiysi manosini bildiradi.

Sirt aktiv moddalarining adsorbtsiyasi Lengmyurning molekulyar adsorbtsiya tenglamasiga bo'ysunadi.

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{b \cdot c}{1 + b \cdot c} \text{ yoki } \Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{c}{1 + c}$$

bu erda $b = \frac{1}{K}$

Agar adsorbtsiya gaz fazasidan sodir bo'layotgan bo'lsa, $\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot \frac{b \cdot p}{1 + b \cdot p}$ To'yingan

adsorbtsion sathda bitta molekulaga to'g'ri keladigan sath S_0 ni molekulaning ko'ndalang kesim yuzasini: $S_0 = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot N}$ bo'yicha hisoblash mumkin.

S_0 zanjir uzunligiga bog'liq bo'lmay gomologik qator uchun doimiy son.

Γ_{∞} ning qiymati, SAMning molekulyar massasi va zichligining qiymatlari ma'lum bo'lsa, adsorbtsion qatlam qalinligi l ni hisoblab topish mumkin:

$$l = \frac{\Gamma_{\infty} \cdot M}{\rho}$$

Qattiq jism – eritma chegarasidagi adsorbtsiyani eritma konsentratsiyasining o'zgarishi orqali hisoblanadi. Adsorbtsiyaning muvozanat konsentratsiyasiga bog'liqligi Freyndlixning empirik formulasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{X}{m} = K \cdot C^n \text{ eritmalardan bo'ladigan adsorbtsiya uchun}$$

$$\frac{X}{m} = K \cdot P^n \text{ gazlar adsorbtsiyasi uchun}$$

X- adsorbtsiyalangan modda miqdori, kmol;

m - adsorbent massasi, kg;

C, P - muvozanat konsentratsiyasi va bosimi;

K va n - tajribada topiladigan doimiy sonlar.

Ularni Freyndlix tenglamasini logarifmlab grafik usulda topiladi.

$$\lg \frac{X}{m} = \lg K + \frac{1}{n} \lg C$$

$$00^1 = \lg K$$

$$\frac{DM}{BM} = \lg \varphi = \frac{1}{n} \text{ yoki } n = ctq\varphi = \frac{BM}{DM}$$

Masala yechish namunalari

1-masala. Zarrachalarining o'rtacha diametri $1 \cdot 10^{-7}$ m, zichligi $\rho = 3,43 \cdot 10^3$ kg/m³ bo'lgan mishyak sulfid zolining solishtirma sirtini hisoblang.

Yechish: zarracha radiusini topamiz.

$$r = \frac{10^{-7}}{2} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$S_{sol} = \frac{3}{r} = \frac{3}{5 \cdot 10^{-8}} = 6 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$S_{sol} = \frac{3}{r \cdot \rho} = \frac{3}{5 \cdot 10^{-8} \cdot 3,14 \cdot 10^3} = 1,75 \cdot 10^7 \text{ k/m}^2$$

2-masala. 2,1 g kumushni maydalaganda:

a) qirrasining uzunligi $l = 10^{-7}$ m bo'lgan kub shaklidagi;

b) radiusi 10^{-8} m bo'lgan sharsimon zarrachalar hosil bo'lsa, zarrachalarning umumiy sathini hisoblang.

Kumushning zichligi $10,5 \cdot 10^3$ kg/m³.

Yechish: a) 1 - variant.

$$S_{sol} = \frac{6}{l} = \frac{6}{10^{-7}} = 6 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

2,1g kumush hajmi:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{10,5 \cdot 10^3} = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$S_{sol} = S_{sol} \cdot V = 6 \cdot 10^7 \cdot 2,7 \cdot 10^{-7} = 12 \text{ m}^2$$

2-variant.

Kubning yuzasini hisoblang: $S_0 = 6 \cdot l^2 = 6 \cdot (10^7)^2 = 6 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$

Ita zarracha massasini hisoblaymiz:

$$m_0 = V_0 \cdot \rho = l^3 \cdot \rho = 10^{-21} \cdot 10,5 \cdot 10^3 = 10,5 \cdot 10^{-18} \text{ kg.}$$

Zarrachalar sonini hisoblaymiz:

$$n = \frac{m_{\text{um}}}{m_0} = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{10,5 \cdot 10^{-18}} = 2 \cdot 10^{14}$$

Umumiy sirt: $S_{\text{um}} = n \cdot S_0 = 2 \cdot 10^{14} \cdot 6 \cdot 10^{-14} = 12 \text{ m}^2$

1 – вариант

b) Sharsimon zarrachalar uchun:

$$S_{\text{sol}} = \frac{3}{r} = \frac{3}{10^{-8}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m}$$

Kumush hajmi: $V = \frac{m}{\rho} = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{10,5 \cdot 10^3} = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$

$$S_{\text{um}} = S_{\text{sol}} \cdot V = 3 \cdot 10^8 \cdot 2,7 \cdot 10^{-7} = 60 \text{ m}^2$$

2 – variant

Shar hajmi: $V_0 = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (10^{-8})^3 = 4,19 \cdot 10^{-24} \text{ m}^3$

va yuzasi $S_0 = 4\pi R^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot (10^{-8})^2 = 12,56 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$

zarracha massasi: $m_0 = V_0 \cdot \rho = 4,19 \cdot 10^{-24} \cdot 10,5 \cdot 10^3 = 4,39 \cdot 10^{-20} \text{ kg.}$

Zarrachalar soni: $n = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{4,39 \cdot 10^{-20}} = 4,78 \cdot 10^{16}$

$$S_{\text{um}} = S_0 \cdot n = 12,56 \cdot 10^{-16} \cdot 4,78 \cdot 10^{16} = 60 \text{ m}^2 \text{ ga teng.}$$

Umumiy yuza

3-masala. Kvarts suspensiyazi zarrachalari shar shaklida. Zarrachalar massasining 40% ining radiusi $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ bo'lgan zarrachalar qolganini radiusi $5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ bo'lgan zarrachalar tashkil etadi. Kvartsning solishtirma sirtini hisoblang.

Yechish: r_1, V_1 va S_1 yirik zarrachalar radiusi, hajmi, umumiy yuzasi;

r_2, V_2, S_2 mayda zarrachalar radiusi, hajmi, umumiy yuzasi;

$V_1 = 0,6 \text{ m}^3$ $V_2 = 0,4 \text{ m}^3$ deb olamiz.

V_1 va V_2 hajmdagi zarracha sonini aniqlaymiz.

$$n_1 = \frac{V_1}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_1^3} \quad n_2 = \frac{V_2}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_2^3}$$

$$n_1 = \frac{0,6}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-5})^3} = 1,15 \cdot 10^{12}$$

$$n_2 = \frac{0,4}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (10^{-5})^3} = 9,55 \cdot 10^{13}$$

$$S_1 = n_1 \cdot 4\pi \cdot r_1^2 = 1,15 \cdot 10^{12} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-5})^2 = 14,44 \cdot 10^{12} \cdot 25 \cdot 10^{-10} = 3,61 \text{ m}^2$$

$$S_2 = n_2 \cdot 4\pi \cdot r_2^2 = 9,55 \cdot 10^{13} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (10^{-5})^2 = 120 \cdot 10^{13} \cdot 10^{-10} = 120 \cdot 10^3 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{um}} = S_1 + S_2 \quad V_1 + V_2 = 1 \text{ m}^3$$

$$S_{\text{tot}} = V_1 \frac{3}{r_1} + V_2 \frac{3}{r_2} = 0,6 \frac{3}{5 \cdot 10^{-5}} + 0,4 \frac{3}{1 \cdot 10^{-5}} = 0,36 \cdot 10^5 + 1,2 \cdot 10^5 = 1,56 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1}$$

$$S_{\text{tot}} = 1,56 \cdot 10^5 \text{ m}^{-1};$$

4-masala. Suspenziya zarrachalarining radiusi $5 \cdot 10^{-5}$ m ga ortsa, sistemaning erkin energiyasi necha marta o'zgaradi?

Yechish: $F = \sigma \cdot S = \sigma \cdot n \cdot S_0$ formuladan foydalanamiz.

S - bitta zarrachaning sath yuzasi;

S_0 - barcha zarrachalarning umumiy sath yuzasi.

Hajm birligidagi zarrachalar soni zarracha radiusi kubiga teskari proportsional,

ya'ni: $n = \frac{1}{r^3}$ Undan $F = \sigma \cdot \frac{S_0}{r^3}$ Sharsimon zarrachalar uchun $S_0 = 4 \cdot \pi \cdot r^2$

$$F = \frac{\sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2}{r^3} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \sigma}{r};$$

$$\text{Ikkala hol uchun } F_1 = \frac{4 \cdot \pi \cdot \sigma}{r_1} \text{ va } F_2 = \frac{4 \cdot \pi \cdot \sigma}{r_2}$$

$$\text{Bu tenglamalardan: } \frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{10^{-6}} = 50$$

Sistemaning erkin energiya zahirasi zarrachalar yiriklashganda 50 marta kamayadi.

5-masala. Shishkovskiy tenglamasi doimiyliklari $a = 121,6 \cdot 10^{-3}$; $b = 21,5$ ga teng.

Moy kislotasining $0,05 \text{ kmol/m}^3$ eritmasining 273K dagi sirt tarangligini hisoblang.

Suvning shu haroratdagi sirt tarangligi $\sigma_0 = 75,49 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$

Yechish: Shishkovskiy tenglamasi:

$$\sigma_0 - \sigma = a \ln(1 + bc) \text{ dan } \sigma_0 = \sigma$$

$$\sigma = \sigma_0 - a \ln(1 + bc) = 75,49 \cdot 10^{-3} - 12,6 \cdot 10^{-3} - 12,6 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \lg(1 + 21,5 \cdot 0,05) = 66,3 \cdot 10^{-3} \text{ n/m}$$

Eritmaning sirt tarangligi $\sigma = 66,3 \cdot 10^{-3} \text{ n/m}$

6-masala. Propion kislotaning $0,5 \text{ kmol/m}^3$ eritmasi uchun 273K da eritma havо chegarasidagi adsorbtsiyasini hisoblang. Shishkovskiy tenglamasi konstantalari

$$a = 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ va } b = 7,73.$$

$$\text{Yechish: } \Gamma_{\infty} = \frac{a}{RT} = \frac{12,5 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 273} = 5,51 \cdot 10^{-9}$$

$R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ J/grad} \cdot \text{Kmol}$; Lengmyur tenglamasi bo'yicha adsorbtsiyani hisoblaymiz.

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{b \cdot c}{1 + b \cdot c} = 5,51 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{7,73 \cdot 0,5}{1 + 7,73 \cdot 0,5} = 4,38 \cdot 10^{-9} \text{ kmol/m}^3$$

$$\Gamma = 4,38 \cdot 10^{-9} \text{ kmol/m}^3$$

7-masala. 20% -li o'yuvchi natriy eritmasining 20°C dagi sirt tarangligi $85,8 \cdot 10^{-3} \text{ n/m}$, zichligi $1,219 \text{ g/sm}^3$. Kislotaning adsorbtsiya qiymati va ishorasini aniqlang. Shu haroratda suvning sirt tarangligi $72,75 \cdot 10^{-3} \text{ n/m}$.

Yechish: Eritmaning konsentratsiyasini kmol/m^3 larda hisoblaymiz. 100g eritmada

$$20\text{g NaOH erigan bo'lsa uning hajmi } V = \frac{m}{\rho} = \frac{100}{1,29} = 82,03 \text{ ml}$$

$$C = \frac{m}{M \cdot V} = \frac{20}{40 \cdot 0,082} = 6,1 \text{ M} = 6,1 \text{ kmol/m}^3$$

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \left(\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{C_2 - C_1} \right) = -\frac{6,1}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 293} \cdot \left(\frac{85,8 \cdot 10^{-3} - 72 \cdot 10^{-3}}{6,1 - 0} \right) = -5,36 \cdot 10^{-9} \text{ kmol/m}^2$$

$\Gamma < 0$ $\delta_2 > \delta_1$ bo'lgani uchun NaOH sirt-noaktiv modda hisoblanadi.

8-masala. Aktivlangan ko'mirda sirka kislotaning 250°C dagi adsorbtsiyasini o'rganishda quyidagi natijalar olindi:

$S, \text{mmol/sm}^3$	0,018	0,031	0,062	0,126	0,268	0,471	0,882
$x/m, \text{mmol/g}$	0,467	0,624	0,801	1,11	1,55	2,04	2,48

Freyndlix tenglamasi konstantalarini grafik usulda toping.

Yechish: C va x/m larning logarifm qiymatlarini olamiz:

$$\lg 0,0018 = -1,7447$$

$$\lg 0,0031 = -1,5086$$

$$\lg 0,0062 = -1,2076$$

$$\lg 0,126 = -0,8996$$

$$\lg 0,268 = -0,5719$$

$$\lg 0,471 = -0,3270$$

$$\lg 0,882 = -0,0545$$

$$\lg 0,467 = -0,3347$$

$$\lg 0,624 = -0,2048$$

$$\lg 0,801 = -0,0964$$

$$\lg 1,11 = -0,0453$$

$$\lg 1,55 = -0,1903$$

$$\lg 2,04 = -0,3096$$

$$\lg 2,48 = -0,3945$$

Bu qiymatlar bo'yicha grafik chizamiz.

$$\lg K = 0,01$$

$$\lg \varphi = \frac{MD}{BM} = \frac{0,35}{0,85} = 0,424$$

$$\lg \varphi = \frac{1}{n} = 0,424$$

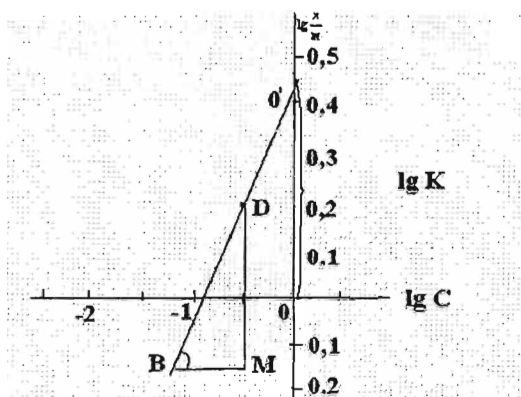
$$n = 2,36$$

$$\lg K = 0,42$$

Freyndlix tenglamasi:

Ushbu sistema uchun

$$\frac{x}{m} = 2,63 \cdot C^{0,424} \text{ bo'ladi.}$$



Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. Kaolin suspenziyasining solishtirma sathini hisoblang. Kaolinning zichligi $\rho = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ zarrachalarining o'rtacha radiusi $8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Suspensiya monodispers deb hisoblang.
2. Zarrachalarining solishtirma sathini hisoblang:
 - a) kub qirralarining uzunligi $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$;
 - b) shar diametri $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$;
3. 1 kg ko'mir kukuni zarrachalarining diametri $6 \cdot 10^{-5} \text{ m}$. Ko'mirning zichligi $1,8 \text{ g/sm}^3$.
4. Maydalangan 2g platina zarrachalari kub shaklida bo'lib, qirralari $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Platinaning zichligi $21,4 \text{ g/sm}^3$ bo'lsa, umumiy sathini hisoblang.

5. 1g oltin qirralarining uzunligi $5 \cdot 10^{-9}$ m bo'lgan kub shaklidagi zarrachalarga maydalandi. Oltinning zichligi $19,3 \cdot 10^3$ kg/m³ bo'lsa, umumiy sathini hisoblang.
6. Simob zoli diametri $6 \cdot 10^{-8}$ m bo'lgan sharsimon zarrachalardan iborat. $0,5$ sm³ simobdan hosil bo'lgan zarrachalarning umumiy sathini hisoblang.
7. Kumush zolining zarrachalari qirrasiz uzunligi $4 \cdot 10^{-6}$ m va zichligi $10,5 \cdot 10^3$ kg/m³ bo'lgan kub shaklida bo'lsa:
- 0,1 kg kumushdan nechta zarracha hosil bo'lishini;
 - zarrachalarning umumiy sathini hisoblang.
8. Simob zoli zarrachalarining diametri $6 \cdot 10^{-6}$ sm, zichligi $13,546$ g/sm³.
- Zarrachalarning umumiy sathini;
 - 1g simobdan hosil bo'lgan zarrachalar sonini hisoblang.
9. Qirrasiz uzunligi $0,5$ sm bo'lgan kumush zarrachalarini, qirrasiz uzunligi $5 \cdot 10^{-8}$ sm bo'lgan kub shaklidagi zarrachalarga maydalansa zarrachalarning sathi necha marta ortadi? Kumushning zichligi $10,5$ g/sm³
10. 288K da suv tumani zarrachalarning radiusi $5 \cdot 10^{-6}$ m dan $1 \cdot 10^{-3}$ m ga oshsa, erkin sath energiyasi qiymati necha marta kamayadi?
11. Fe (OH)₃ gelini peptizatsiyasida zarracha radiusi $2 \cdot 10^{-6}$ dan $4 \cdot 10^{-9}$ m gacha kamaysa sistemaning ortiqcha sath energiyasi necha marta ortadi?
12. Anilin eritmasi uchun eritma – havo chegarasidagi sirt tarangligi 292Kda Rebinder usuli bilan o'lchanganda quyidagi natijalar olinadi: suv uchun havo pufakchasi bosimi $11,82 \cdot 10^{-2}$ Pa, anilin eritmasi uchun $711,55$ Pa. Suvning sirt tarangligi $\delta_0 = 72,55 \cdot 10^{-3}$ n/m. Anilin eritmasi sirt tarangligini hisoblang.
13. Propil spirtining suvli eritmasi uchun aniqlangan Shishkovskiy tenglamasi konstantalari $a = 14,4 \cdot 10^{-3}$ va $b = 6,6$. 1 kmol/m³ konsentratsiyali eritmaning sirt tarangligini hisoblang. $\delta_0 = 72,53 \cdot 10^{-3}$ n/m.
14. $C = 0,1$ kmol/m³ konsentratsiyali valerian kislotasi eritmasining 358K dagi sirt tarangligi aniqlansin. Shishkovskiy tenglamasi konstantalari $a = 17,7 \cdot 10^{-3}$ va $b = 19,72$.

15. Moy kislotaning $C=0,1 \text{ kmol/m}^3$ li eritmasining 273K dagi adsorbtsiyasini hisoblang. Sirt taranglikning konsentratsiyaga bog'liqligi Shishkovskiy tenglamasi $\delta = \delta_0 - 16,7 \cdot 10^{-3} \ln(1 + 21,5 C)$ bilan ifodalanadi.

16. Propion kislotaning $C=0,1 \text{ kmol/m}^3$ eritmasi uchun eritma-havo chegarasida 293K dagi adsorbtsiya qiymatini Shishkovskiy tenglamasidan foydalanib hisoblang. Shishkovskiy tenglamasi konstantalari $a = 12,8 \cdot 10^{-3}$, $b = 7,16$.

17. Izomoy kislotasining suvli eritmasi uchun Shishkovskiy tenglamasining 291K da topilgan doimiyliklari: $a = 13,1 \cdot 10^{-3}$ va $b = 2,2$. Konsentratsiya: a) $C_1=0,01$; b) $C_2=0,1$ va B) $C_3=1 \text{ kmol/m}^3$ dagi adsorbtsiya qiymatlari hisoblansin.

18. Izoamil spirtning $C=0,1 \text{ kmol/m}^3$ li eritmasi uchun eritma-havo chegarasidagi adsorbtsiyaning 292K dagi qiymatini hisoblang. Bunda $\Gamma_\infty = 8,7 \cdot 10^{-9} \text{ kmol/m}^3$, $b = 42$.

19. Azotning seolitda $P = 2,8 \cdot 10^{-9} \text{ Pa}$ bosimdagi adsorbtsiya qiymatini Lengmyur tenglamasi bo'yicha hisoblang. $\Gamma_\infty = 38,9 \cdot 10^3$, $b = 1,56 \cdot 10^{-3}$.

20. Geptil spirtning adsorbtsiyasini o'rganib, quyidagi natijalar olindi:

Konsentratsiya $C \cdot 10 \text{ kmol/m}^3$	0,384	0,50	0,655	1,25	2,60
Adsorbtsiya $\Gamma \cdot 10^9 \text{ kmol/m}^2$	1,11	1,45	1,82	2,76	4,92

Ulardan foydalanib Lengmyur tenglamasi konstantalarini toping.

21. Anilinning suvdagi eritmasining yuza qatlamida bitta molekula egallagan sathni hisoblang. $\Gamma_\infty = 6 \cdot 10^{-9} \text{ kmol/m}^2$.

22. Maksimal adsorbtsiya qiymati $\Gamma_\infty = 5,42 \cdot 10^{-9} \text{ kmol/m}^3$ bo'lsa, izomoy kislotasi eritmasi sathida bitta molekulaga to'g'ri keladigan yuzani hisoblang.

23. 18°C da 20% li sulfat kislota eritmasining sirt tarangligi $75,2 \cdot 10^{-3} \text{ n/m}$, suvning sirt tarangligi $73,05 \cdot 10^{-3} \text{ n/m}$ bo'lsa, Gibbs adsorbtsiyasi qiymati va ishorasini aniqlang. Eritmaning zichligi $1,143 \text{ g/sm}^3$.

24. 29 g/l atseton saqlagan eritmaning 15°C dagi sirt tarangligi $59,4 \cdot 10^{-3} \text{ n/m}$, suvning shu haroratdagi sirt tarangligi $73,49 \cdot 10^{-3} \text{ n/m}$ bo'lsa, atsetonning sath

yuzasidagi konsentratsiyasini (kmol/m^3) va Gibbs adsorbtsiyasi ishorasini aniqlang.

25. 1 g ko'mirda 3,76 kmol sirka kislota adsorbtsiyalanadi. Freyndlix tenglamasi konstantalari $K=2,82$ $n=2,44$ bo'lsa kislotaning muvozanat konsentratsiyasini hisoblang.

26. Berilganlardan foydalanib, Freyndlix tenglamasi konstantalari K va n ni grafik usulda aniqlang.

$C, \text{mol/sm}^3$	0,018	0,031	0,062	0,126
$x/m, \text{mmol/g}$	0,467	0,624	0,801	1,11

Marifatga intilish xalqimizning azaliy fazilatlaridan biridip

Islom Karimov

X - BO'LIM

Dispers sistemalar.

Bitta moddaning mayda zarrachalari ikkinchisida tarqalishdan hosil bo'lgan geterogen sistemalar dispers sistema deb ataladi. Mayda zarrachalar ko'rinishdagi faza dispers faza, zarrachalar tarqalgan faza dispers muhit deyiladi.

Sistemaning disperslik darajasi zarracha o'lchamining teskari qiymati bilan xarakterlanadi:

$$D = \frac{1}{\alpha} \alpha - \text{zarracha o'lchami.}$$

Zarracha o'lchami qancha kichik bo'lsa, disperslik shuncha yuqori va sistemaning solishtirma sirti shuncha katta bo'ladi.

Dispers sistemalar disperslik darajasi, agregat holati, dispers faza va dispers muhit munosabati va kolloid zarrachalar orasidagi ta'sirga qarab sinflanadi.

Kolloid sistemalar olish usullari ikki xilga bo'linadi:

Disperslash – yirik zarralarni maydalash;

Kondensatlash – molekula va ionlarni yiriklashtirish.

Dispers sistemalar olishning asosiy shartlari:

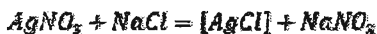
Dispers fazaning dispers muhitda erimasligi;

Zarracha o'lchamlari $10^{-7} - 10^{-7}m$ bo'lishiga erishish;

Stabilizatorning bo'lishi.

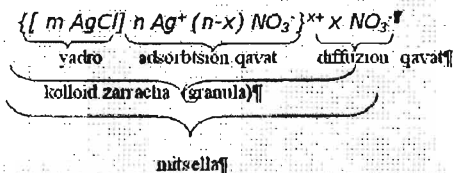
Kolloid zarrachalarning tuzilishi.

Kondensatslash usulida kolloid eritmalar olish usulining asosida kimyoviy reaksiyalar yotadi. Masalan:



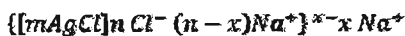
Har qanday zol mitsella va intermitsellyar suyuqlikdan tashkil topadi. Intermitsellyar suyuqlik bu dispers muhit bo'lib, unda eruvchan elektrolitlar va noelektrolitlar bor. Mitsella – dispers fazani tashkil qiluvchi qattiq zarrachalardir.

Mitsellaning asosiy qismini yadro tashkil etadi. Yadro bir qancha $mAgCl$ molekullardan iborat agregatdir. Barqaror zol olish uchun reagentlardan bittasi ortiqcha olinishi lozim. $AgNO_3$ ortiqcha olingan bo'lsa, qattiq kristallar sathiga uning kristal panjarasi tartibiga kiruvchi ion (Panet-Fayans qoidasi bo'yicha) Ag^+ ioni adsorbtsiyalanadi. Bu ionning zaryad ishorasi zarrachaning zaryad ishorasi va termodinamik potentsial qiymatini belgilaydi. Shuning uchun uni potentsial aniqlovchi ion deyiladi



$AgCl$ zoli uchun mitsella formulasi.

Stabilizator sifatida $NaCl$ olinsa, mitsella formulasi:



Masala yechish namunalari.

I-masala. Kumush bromid zoli $32 \text{ sm}^3 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ n}$ kaliy bromid va $25 \text{ sm}^3 \cdot 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ n}$ kumush nitrat aralastirilishidan hosil bo'ldi. Zolning mitsella formulasini yozing. Zarrachaning zaryad ishorasi va elektr maydonidagi harakat yo'nalishini aniqlang.

Yechish: Kaliy bromidning g-ekvini hisoblaymiz: $32 \cdot 0,008 = 0,256 \text{ mg-ekv}$.
Kumush nitratning g-ekvini hisoblaymiz. $25 \cdot 0,0096 = 0,24 \text{ mg-ekv}$.

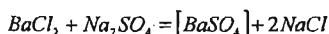
Ko'rinib turibdiki, eritmada kaliy bromid ortiqcha. Kumush bromid mitsellasi formulasi:



AgBr zarrachalari manfiy zaryadlangan va anodga qarab harakatlanadi.

Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. AgNO_3 ortiqcha olingandagi AgJ zoli va FeCl_3 ortiqcha olingandagi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ zoli mitsellalari formulalarini yozing va zarrachalar zaryad ishoralarini aniqlang.
2. AgCl_3 ortiqcha olingandagi $\text{Al}(\text{OH})_3$ zolini va H_2SiO_3 stabilizator bo'lgandagi SiO_2 zolining mitsellalari formulalarini yozing. Zollarning zarrachalari qanday zaryadlangan ?
3. KAuO_2 , bilan stabillangan oltin va H_2S bilan stabillangan As_2S_3 zollarining mitsellalari formulalarini yozing. Zollarning zaryad ishoralari qanaqa ?
4. Bariy xloridning ortiqcha Na_2SO_4 bilan ta'sirlashuvi natijasida olingan bariy sulfat mitsellasi tuzilishini yozing.



5. $\text{ZnSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{S} = [\text{ZnS}] + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

reaktsiya bo'yicha olingan rux sulfid zoli mitsellasining:

a) ZnSO_4 ortiqcha olingandagi;

b) $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ortiqcha olingandagi formulasini yozing.

6. Kumush iodid zoli 30 sm^3 0,2%-li kumush nitrat eritmasiga 40 sm^3 0,001n kaliy iodid qo'shib olindi. Hosil bo'lgan zolning mitsellasi formulasini yozing.

Elektr maydonida zarracha harakati yo'nalishini aniqlang. Kumush nitrat eritmasining zichligi 1 ga teng.

7. Musbat zaryadli zarracha hosil bo'lishi uchun 20 sm^3 $0,015n$ kaliy iodid eritmasiga $0,005n$ kumush nitrat eritmasidan qancha qo'shish kerak? Mitsella formulasini yozing.

8. Yangi cho'kkan alyuminiy gidroksid cho'kmasiga oz miqdorda xlorid kislota qo'shildi. Bunda $\text{Al}(\text{OH})_3$ zoli hosil bo'ldi. Zol mitsellasi formulasini yozing. Kolloid zarracha katodga tamon harakatlanishini e'tiborga oling.

9. Oltinugurt zoli 5 sm^3 oltinugurtning suvdagi eritmasini 20 sm^3 suvga qo'shib olinadi. Zol qaysi usul bilan olinadi?

10. Zaryadsiz kumush xlorid zoli hosil bo'lishi uchun $0,029\%$ natriy xlorid va $0,001n$ kumush nitrat erimalaridan qancha hajmdan olish kerak? Natriy xlorid eritmasining zichligi 1 ga deb hisoblang.

11. BaSO_4 zoli bir xil hajmdagi bariy nitrat va sulfat kislota qo'shib olindi. Elektr toki maydonida zarracha anodga tomon harakatlanadigan bo'lsa eritmalarning dastlabki konsentratsiyalari teng bo'lganmi? Zolning mitsellasi формуласини ёзинг.

12. Serovodorodli suv uzoq turib qolishi natijasida havo kislorodi bilan oksidlanib, oltinugurt zoli hosil bo'ldi. Zolning mitsellasi formulasini yozing va zaryad ishorasini aniqlang. Ushbu zol qaysi usul bilan olindi?

13. Mishyak (III) – xlorid eritmasiga ortiqcha vodorod sulfid yuborib mishyak (III) –sulfid zoli olindi. As_2S_3 ning mitsella formulasini yozing va zaryad ishorasini aniqlang.

14. Mis (II) – sulfat tuziga ortiqcha kaliy ferrotsianat eritmasi ta'sir ettirilib, mis (II) ferrotsionat zoli olindi. Zol mitsellasining formulasini yozing.

Dispers sistemalarning molekulyar – kinetik xossalari.

Zarrachalarning issiqlik harakati bilan bog'liq bo'lgan molekulyar – kinetik xossalariга broun harakati, diffuziya, osmotik bosim, zarrachalarning gipcometrik taqsimlanishi (sedimentatsiya) kiradi.

Diffuziya – dispers sistemalarda konsentratsiyaning o'z-o'zidan tenglashishi bo'lib, qaytmas jarayon hisoblanadi. Diffuziya tezligi – vaqt birligi ichida diffuziya yo'nalishiga perpendikulyar yuza birligidan diffuziyalangan modda miqdori bilan o'lchanadi $\frac{dn}{d\tau}$. Miqdor jihatdan diffuziya Fikning I qonuni bilan aniqlanadi. Unga

binoan diffuziya tezligi ko'ndalang kesim yuzasi S va konsentratsiya gradienti $\frac{dC}{dx}$ ga to'g'ri proporsionaldir.

$$\frac{dn}{d\tau} = -D \frac{dC}{dx} \cdot S$$

D - diffuziya koeffitsienti - vaqt birligi ichida $1m$ yuzadan diffuziyalangan modda miqdori.

$\frac{dC}{dx}$ - x masofa birligida konsentratsiyaning o'zgarishi.

Diffuziya koeffitsienti uchun Eynshteyn $D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi \cdot \eta \cdot r}$ formulani taklif etdi.

η - muhit qovushqoqligi.

r - zarracha radiusi.

Broun harakati – suyuq yoki gaz muhitda mayda zarrachalarning o'z-o'zidan sodir bo'ladigan tartibsiz, to'xtovsiz harakati 1827 yilda Broun tomonidan kashf etilgan.

Broun harakati dispers muhit molekularining issiqlik harakati tufayli sodir bo'lishini Eynshteyn va Smoluxovskiylar tushuntirishgan.

Zarrachaning bosib o'tgan yo'lini o'lchash mumkin bo'lmaganligi uchun siljish masofasi o'lchanadi. O'rtacha siljish masofasini hisoblash uchun Eynshteyn va Smoluxovskiylar quyidagi tenglamani taklif etishdi.

$$\Delta \bar{X} = \sqrt{\frac{RT}{N} \cdot \frac{\tau}{3\pi\eta \cdot r}}$$

Sedimentatsiya. Dispers sistemalarning zarrachalari yerning tortish kuchi zonasi ta'sirida bo'ladi va uning ta'sirida cho'kadi. Dispers faza zarrachalari juda kichik bo'lsa, ultratsentrifugal yordamida cho'ktirish mumkin. Sedimentatsiya tezligi

dispers faza zarrachasi radiusiga, muhit qovushqoqligiga bog'liq. Stoks qonuni bo'yicha sedimentatsiya tezligi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi.

$$V = \frac{2gr^2(\rho_1 - \rho_2)}{9\eta}; \quad r = \frac{9V \cdot \tau}{2g(\rho_1 - \rho_2)};$$

ρ_1 –zarracha zichligi;

ρ_2 - muhit zichligi;

Osmotik bosim. Chin eritmalar kabi kolloid eritmalar uchun ham osmotik bosim xosdir. Suyultirilgan kolloid eritmalarning osmotik bosimi uchun Vant-Goff tenglamasini qo'llasa bo'ladi:

$$\pi = \frac{C}{M} RT$$

C – 1 m³ kolloid eritmalarida erigan modda miqdori. U $C = \nu \cdot m$ ga teng.

m –bitta zarracha massasi.

ν –konsentratsiya.

M – 1mol dispers fazaning molyaar massasi.

$$M = m \cdot N \quad \text{Unda } \pi = \frac{C}{m} \cdot \frac{RT}{N} = \nu \frac{RT}{N}$$

Bir xil konsentratsiyali kolloid va chin eritmalarini osmotik bosimlari solishtirilsa kolloid eritmadagi zarrachalar soni kam bo'lganligi sababli uning osmotik bosimi kichik bo'ladi.

Masala yechish namunalari.

1-masala. Qizil kongo bo'yog'ining suvli eritmasida konsentratsiya gradienti

$$\frac{dC}{dx} = 0,6 \text{ kg/m}^3 \text{ bo'lganda } 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ yuzadan } 1,5 \text{ soat ichida } 3,6 \cdot 10^{-7} \text{ kg modda o'tadi.}$$

Diffuziya koeffitsientini hisoblang.

Yechish: $\frac{dm}{d\tau} = -D \frac{dC}{dx} \cdot S$ dan diffuziya koeffitsientini hisoblab topamiz.

$$D = -\frac{\Delta m}{S \cdot \Delta \tau \cdot \frac{dC}{dx}} = -\frac{3,6 \cdot 10^{-7}}{20 \cdot 10^{-4} \cdot 1,5 \cdot 3600 \cdot 0,6} = -5,55 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{C}$$

2-masala. 298K da kumush iodid zolida diffuziya koeffitsienti $1,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, muhit qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ bo'lsa, zarracha radiusini hisoblang.

Yechish: Diffuziya koeffitsientini hisoblash uchun Eynshteyn tenglamasidan foydalanamiz:

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi \cdot \eta \cdot r} \quad r = \frac{RT}{N \cdot 6\pi \cdot \eta \cdot D}$$

$$r = \frac{8,31 \cdot 298}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 6 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-10}} = 1,36 \cdot 10^{-9} \text{ m} \quad r = 1,36 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

3-masala. Temir (III) gidroksid gidrozoli zarrachalarining radiusi $r = 2 \cdot 10^{-8} \text{ m}$, muhit qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ bo'lsa, zarrachaning $\tau = 6 \text{ s}$ dagi o'rtacha siljish masofasini aniqlang.

Yechish: $\Delta \bar{X} = \sqrt{\frac{RT}{N} \cdot \frac{\tau}{6\pi\eta \cdot r}}$ formuladan foydalanamiz.

$$\Delta \bar{X} = \sqrt{\frac{8,31 \cdot 293}{6,02 \cdot 10^{23}} \cdot \frac{6}{6 \cdot 3,14 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-8}}} = \sqrt{1,29 \cdot 10^{-10}} \approx 113 \cdot 10^{-5}$$

4-masala. 298K da konsentratsiyasi $C = 3 \text{ kg}/\text{m}^3$, zarrachasining diametri $d = 8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ va zichligi $19,3 \text{ kg}/\text{m}^3$ bo'lgan oltin gidrozolining osmotik bosimini hisoblang.

Yechish: Osmotik bosimni hisoblash uchun Vant-Goff tenglamasidan foydalanamiz.

$$\pi = \frac{c}{m} \cdot \frac{RT}{N}$$

Bitta zarrachaning massasini uchun hajmini zichligiga ko'paytirib topamiz.

$m = v \cdot \rho$ Zarracha sharsimon bo'lganligi uning hajmi $V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$ yoki $m = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot \rho$

bundan

$$\pi = \frac{3 \cdot C \cdot R \cdot T}{4\pi \cdot r^3 \cdot \rho \cdot N} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 298}{4 \cdot 3,14 (4 \cdot 10^{-9})^3 \cdot 6,02 \cdot 10^3 \cdot 19,3} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}$$

$$\pi = 4,6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. 290K da diffuziya koeffitsienti $2,4 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, muhit qovushqoqligi

2. 10^{-3} Pa bo'lgan mishyak sulfid zolining zarracha radiusini hisoblang.
3. Radiusi $2 \cdot 10^{-7}$ bo'lgan yuqori dispers loy suspenziyasining diffuziya koeffitsientini hisoblang. Muhit qovushqoqligi $\eta = 6,5 \cdot 10^{-4}$ N·s/m², harorat 298K.
4. Yuqori disper aerazol zarrachasining radiusi $r = 3 \cdot 10^{-8}$ m, havo qovushqoqligi $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5}$ n/m. Zarrachalarning 293K dagi diffuziya koeffitsientini hisoblang.
5. Ammoniy xlorid tutuni zarrachalarining radiusi $r = 4 \cdot 10^{-6}$ m. Havo qovushqoqligi $\eta = 1,7 \cdot 10^{-5}$ N·s/m². 283K da $\tau = 7$ s vaqtda zarrachaning o'rtacha siljish masofasini hisoblang.
6. Temir(III) - gidroksid gidrozoli 293K haroratda $\tau = 6$ s vaqt oralig'ida o'rtacha siljish masofasini hisoblang. Zarracha radiusi $r = 2 \cdot 10^{-8}$ m, suvning qovushqoqligi $\eta = 0,001$ N·s/m²
7. $\tau = 2$ s vaqt oralig'ida o'rtacha siljish masofasi $3,3 \cdot 10^{-7}$ m bo'lgan emulsiya zarrachalarining radiusini hisoblang. Muhit qovushqoqligi $\eta = 10^{-3}$ N·s/m², hapopar 293K.
8. Tumandagi radiusi $r_1 = 2 \cdot 10^{-4}$ va $r_2 = 4 \cdot 10^{-6}$ m bo'lgan suv tomchilarining cho'kish tezligini hisoblang. Havoning qovushqoqligi $\eta = 1,7 \cdot 10^{-5}$ N·s/m². Havoning zichligini hisobga olmang.
9. Ammoniy xlorid aerazolining zarrachalari radiusi $r = 3 \cdot 10^{-7}$ m, zichligi $\rho = 1,5 \cdot 10^{-3}$ kg/m³. Havoning qovushqoqligi $\eta = 1,8 \cdot 10^{-3}$ N·s/m² bo'lsa zarrachalarning cho'kish tezligini hisoblang. Havoning zichligini hisobga olmang.
10. Kaolinning suvdagi suspenziyasi zarrachalarining 290K dagi cho'kish tezligini hisoblang. Zarrachalarning radiusi $r = 4 \cdot 10^{-6}$ m, zichligi $\rho = 2,2 \cdot 10^{-3}$ kg/m³. Suvning qovushqoqligi $\eta = 1,8 \cdot 10^{-3}$ N·s/m².
11. 0,1 m balandlikdagi probirka kvartsning suvdagi yuqori dispers suspenziyasi bilan to'ldirilgan. Kvartsning zichligi $\rho = 2650$ kg/m³, suvning zichligi 10^3 kg/m³. Suvning qovushqoqligi 10^{-3} N·s/m². Zarrachalarning to'la cho'kish

vaqti 2 soat. Zarrachalar shar shaklida deb hisoblab, minimal o'lchovlarini hisoblang.

12. Marten pechlarining $C=2,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ konsentratsiyali tutuni zarrachalarining o'rtacha radiusi $r=3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$, zichligi $\rho=2,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. 293K da tutunning osmotik bosimini hisoblang.
13. Mishyak (III) sulfid As_2S_3 zolining konsentratsiyasi $C=8 \text{ kg/m}^3$. Zarrachalarning radiusi $r=8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$, zolning zichligi $\rho=2,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. 293Kda zolning osmotik bosimini hisoblang.

Dispers sistemalarning optik xossalari.

Dispers sistemalardan yorug'lik nurining o'tisida uning yutilishi, qaytishi va tarqalishi kuzatiladi. Yorug'likning yutilishi tanlash xususiyatiga ega hodisa. Ba'zi moddalar yorug'likni butunlay yutadi, ba'zilari spektrning ma'lum qisminigina yutadi. Bu faqat colloid sistemalargagina emas, barcha dispers sistemelarga xosdir.

Yorug'likning qaytishi faqat dag'al dispers sistemalarda (suspenziya, emulsiya) sodir bo'ladi. Bu sistemalarda zarracha o'lchami yorug'lik nurining to'liq uzunligidan katta bo'lganligi uchun bu sistemalar xira bo'ladi.

Kolloid sistemalar uchun optik xossalar ichida eng xarakterlisi yorug'likning tarqalishidir. Yorug'likning tarqalishi (opalestsentsiya) yorug'lik nurining difraksiyasi tufayli sodir bo'ladi.

Yorug'likning tarqalishi hodisasini nazariy jihatdan Rele asoslab bergan. U tarqalgan yorug'lik nurining intensivligini hisoblash uchun quyidagi tenglamani taklif etdi:

$$J = J_0 \cdot 24 \cdot \pi \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2 + 2n_2^2} \right)^2 \frac{\nu \cdot V^2}{\lambda^4} = J_0 \cdot K \frac{\nu \cdot V^2}{\lambda^4}$$

J_0 – tushayotgan yorug'lik nurining intensivligi;

J - tarqalayotgan nurning intensivligi;

n_1 - dispers fazaning sindirish ko'rsatkichi;

n_2 - zol konsentratsiyasi (hajm birligidagi zarrachalar soni);

V - zarracha hajmi;

λ - yorug'lik nurining to'lqin uzunligi.

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, tarqalayotgan nur intensivligi to'lqin uzunligining to'rtinchi darajasiga teskari proportsional.

Agar oq nur tushayotgan (polixrom) bo'lsa, tarqalayotgan nur qisqa to'lqinlarga boy bo'ladi, ya'ni yon tomondan yoritilgan kolloid sistemalar ko'kimtir rangli bo'ladi. O'tayotgan nurda ular qizil rangda ko'rinadi.

Rele tenglamasiga konsentratsiyani kiritish uchun $\nu \cdot V$ ni modda zichligiga ko'paytiramiz. $C = \nu \cdot V \cdot \rho$ (kg/m^3). Zarrachalar sharsimon deb faraz qilsak, $V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$

bo'ladi. Hamma doimiylarni bitta K^1 bilan belgilasak Rele tenglamasi $\frac{J}{J_0} = K^1 \frac{C \cdot r^3}{\lambda^4}$

$\frac{J}{J_0} = \tau$ xiralikni bildiradi.

τ - dispers faza konsentratsiyasiga va zarracha radiusiga to'g'ri proportsional.

Kolloid zarrachalarning o'lchami kichik bo'lgani uchun ularni eng yaxshi optik mikroskopda ham ko'rib bo'lmaydi. 1903 yilda Zigmondi va Ziddentoff yorug'likning tarqatilishini kuzatish mumkin bo'lgan asbob – ultramikroskop taklif etishdi. Uning yordamida ma'lum hajm W zoldagi zarrachalar soni sanaladi. Bitta zarrachaning massasini $m = \frac{C \cdot W}{\nu}$ bo'yicha hisoblanadi.

Kolloid eritmani monodispers hisoblab, zarracha shar shaklida desak,

$m = V \cdot \rho = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot \rho$ yozish mumkin.

Bu tenglamadan zarracha radiusi topiladi. $r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot C \cdot W}{4 \cdot \pi \cdot \nu \cdot \rho}}$

Agar zarrachalar kub shaklida bo'lsa, kub qirradi uzunligi l topiladi.

$l = \sqrt[3]{\frac{C \cdot W}{\nu \cdot \rho}}$ Zarracha hajmini esa $V = \frac{C \cdot W}{\nu \cdot \rho}$ bo'yicha hisoblanadi.

Nefelometrik usul dispers sistema tarqatgan nurning intensivligini o'lchashga asoslangan. Bu usulda zol konsentratsiyasi va dispers faza zarrachasining o'lchami aniqlanadi. Buning uchun Rele tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin. $J = K \cdot C \cdot V$

$K - C$ va V dan boshqa hamma parametrlarni birlashtirgan doimiy son.

Usulning mohiyati shundaki, unda ikkita dispers sistema tomonidan tarqatilayotgan nurning intensivligi solishtiriladi. Zollar solingan kyuvetalar tushayotgan nur bilan yoritiladi. Eritilayotgan zollar balandliklarini o'zgartirib, ikkala zoldan tarqalayotgan nur intensivliklari tenglashtiriladi. Standart va tekshiriluvchi eritmalar:

a) bir xil hajmda va bir xil tabiatli zarrachalarning hajmiy konsentratsiyalari bilan;

b) bir xil hajmiy konsentratsiyali, lekin zarracha hajmlari bilan farq qilishi mumkin.

$J_1 = J_2$ bo'lganda ular uchun

a) $c_1 h_1 = c_2 h_2$ b) $V_1 h_1 = V_2 h_2$ deb yozish mumkin.

Rele nazariyasiga asoslanib, Debay eritma xiraligini uning zarracha o'lchami bilan bog'liqligi uchun quyidagi formulani taklif etdi.

$$\tau = H \cdot C \cdot M$$

C – konsentratsiya, kg/m^3 .

H – umumlashtirilgan doimiylik.

M – modda mitsellasining molekulyar massasi.

Debay tenglamasi juda suyultirilgan eritmalar uchun to'g'ri bo'ladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek tushayotgan nurning intensivligi sistemadan o'tganda pasayadi. Tiniq rangsiz erituvchili eritmalarda nur faqat erigan modda tomonidan yutiladi. Ular uchun Lambert-Ber tenglamasi o'rinni bo'ladi:

$$J = J_0 e^{-\epsilon C d}$$

J_0 – tushayotgan nur intensivligi;

J – o'tgan nur intensivligi;

ϵ – konsentratsiya birligiga to'g'ri keladigan nur yutish koeffitsienti;

c – eritma konsentratsiyasi;

d – eritma qatlami qalinligi;

e – natural logarifm asosi;

Kolloid va dispers sistemalarda tushayotgan nur intensivligi faqat yutilishi hisobiga emas, dispers faza zarrachalarining yorug'lik nurini tarqatishi hisobiga ham pasayadi. Shu sababli rangli kolloid eritmalarda yorug'likning tarqalish koeffitsienti ham hisobga olinadi.

$$J = J_0 \cdot e^{-(E+A) \cdot c \cdot d}$$

A – yorug'likning tarqalish koeffitsienti.

Tiniq kolloid va dispers sistemalarda yorug'likning yutilishi kuzatilmaydi. Ularda $E=0$. Intensivlikning pasayishi faqat yorug'likning tarqalishi tufayli bo'ladi.

Tushayotgan nur intensivligining tarqalayotgan nur intensivligiga nisbatining logarifmi sistemaning optik zichligi deyiladi.

$$D_\lambda = \lg \frac{J_0}{J} = E \cdot c \cdot d$$

Lambert-Ber qonunini qo'llash mumkinligi grafik usulida aniqlanadi. Bunda optik zichlikning konsentratsiyaga $D - C$ bog'liqligi kalibrlash grafigida to'g'ri chiziqni berishi kerak.

Masala yechish namunalari.

1-masala. Ultramikroskopda $W=2 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$ hajmdagi oltinugurt zoli tekshirilganda zarrachalar soni 100 ta ekanligi aniqlandi. Zolning konsentratsiyasi $C=6,5 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$, zichligi $C=1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, zarrachani shar shaklida deb hisoblab, o'rtacha radiusini hisoblang.

Yechish: $r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot C \cdot W}{4 \cdot \pi \cdot \nu \cdot \rho}}$ formuladan foydalanamiz

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 6,5 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-11}}{4 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 10^3}} = \sqrt[3]{3,105 \cdot 10^{-21}} = 1,46 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

2-masala. Yuqori dispers polistiroil zolini $\lambda_1=640 \cdot 10^{-9}$ m va $\lambda_2=460 \cdot 10^{-9}$ to'lqin uzunligidagi monoxromatik nurlar bilan yoritiladi. Zolning nur tarqatish intensivliklarini solishtiring.

Yechish: $J = J_0 \cdot K \frac{\nu \cdot \nu^2}{\lambda^4}$ formuladan foydalanamiz. To'lqin uzunligidan boshqa parametrlari doimiy bo'lganligi uchun tenglamani $J = \frac{K^1}{\lambda^4}$ ko'rinishda yozish mumkin.

Berilgan to'lqin uzunliklari uchun $J_1 = \frac{K^1}{\lambda_1^4}$ va $J_2 = \frac{K^1}{\lambda_2^4}$ bo'ladi.

$$\text{Undan } \frac{J_2}{J_1} = \frac{\lambda_1^4}{\lambda_2^4} = \frac{(640 \cdot 10^{-9})^4}{(460 \cdot 10^{-9})^4} = \frac{1677,72}{447,75} = 3,75$$

Kichik to'lqin uzunli nur, katta to'lqin uzunli nurga nisbatan 3,75 marta ko'p tarqalar ekan.

3-masala. Benzinning suvdagi va tetralinning suvdagi emulsiyalarining nur tarqatish intensivligini solishtiring. Moddalarning sindirish ko'rsatkichlari 293K da mos ravishda benzol uchun $n_1=1,38$, tetralin uchun $n_2=1,54$ va suv uchun $n_0=1,33$. Emulsiyalarning konsentratsiyalari va zarracha o'lchamlari teng.

Yechish: Zarracha o'lchamlari, konsentratsiyalari teng va bir xil yoritilganligi uchun yuqorida keltirilgan tenglamalarni $J = K \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right)^2$ ko'rinishda yozish mumkin.

Benzinning suvdagi emulsiyasi uchun:

$$J = K \left(\frac{1,38^2 - 1,33^2}{1,38^2 + 2 \cdot 1,33^2} \right)^2 = 1,53 \cdot 10^{-4} K$$

Tetralin emulsiyasi uchun:

$$J = K \left(\frac{1,54^2 - 1,33^2}{1,54^2 + 2 \cdot 1,33^2} \right)^2 = 7,89 \cdot 10^{-3} K$$

$$\text{Bulardan } \frac{J_2}{J_1} = \frac{7,89 \cdot 10^{-3}}{1,53 \cdot 10^{-4}} = 51,57$$

Tetralin emulsiyasining nur tarqatish intensivligi benzin emulsiyasiga nisbatan 51,57 marta ko'p ekan.

4-masala. Nefelometr yordamida mastika gidrozolining har xil konsentratsiyali ikkita eritmasining xiraligi solishtirilganda quyidagi natijalar olindi. Standart va tekshirilayotgan zolni $h_1=5 \cdot 10^{-3}$ m va $h_2=19,0 \cdot 10^{-3}$ m balandlikda yoritilganda bir xil xiralik kuzatildi. Standart zol zarrachalari radiusi $r_1=120 \cdot 10^{-9}$ m bo'lsa, tekshirilayotgan zol zarracha radiusini aniqlang.

Yechish: $V_1 h_1 = V_2 h_2$ tenglamadan foydalanamiz. Zarrachalar shar shaklida ekanligi uchun $\frac{4}{3} \pi r_1^3 h_1 = \frac{4}{3} \pi r_2^3 h_2$ deb yozish mumkin.

$$r_2^3 = r_1^3 \frac{h_1}{h_2} = (1,2 \cdot 10^{-7})^3 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,9 \cdot 10^{-3}} = 0,45 \cdot 10^{-21} \text{ m}$$

Bundan

$$r_2 = \sqrt[3]{0,45 \cdot 10^{-21}} = 0,77 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. Ultramikroskopda $W=1,48 \cdot 10^{-11}$ m³ hajmdagi yog' tumanini tekshirilganda mikroskop maydonida 60 ta zarracha sanaldi. Aerozolning konsentratsiyasi $C=30 \cdot 10^{-6}$ kg/m³ zichligi $\rho=0,9 \cdot 10^{-3}$ kg/m³ bo'lsa, zarracha shar shaklida deb hisoblab, o'rtacha radiusini hisoblang.

2. Ultramikroskopiya usulida $W=4 \cdot 10^{-11}$ m³ hajmdagi suv tumani aerosolida 80 ta zarracha sanaldi. Aerozol konsentratsiyasi $C=18 \cdot 10^{-6}$ kg/m³ bo'lsa, zarrachaning o'rtacha radiusini hisoblang.

3. $W=1,4 \cdot 10^{-11}$ m³ hajmdagi oltin gidrozolini ultramikroskop ostida qaralganda mikroskop maydonida 50 ta zarracha sanaldi. Zol konsentratsiyasi $C=5 \cdot 10^{-6}$ kg/m³, zichligi $19,3 \cdot 10^3$ kg/m³ bo'lsa, zarrachalarning o'rtacha radiusini hisoblang.

4. Kumush gidrozolini ultramikroskop ostida tekshirilganda 4 ta zarracha sanaldi. Kyuvetaning yuzasi $6,2 \cdot 10^{-12}$ m², nur o'ramining chuqurligi $2,2 \cdot 10^{-4}$ m. Zol konsentratsiyasi $C=24 \cdot 10^{-2}$ kg/m³, kumush zichligi $\rho=10,5 \cdot 10^3$ kg/m³. Zarracha kub shaklida deb hisoblab, qirra uzunligini hisoblang.

5. Polistirol lateksi nur tarqatish intensivligi to'liq uzunliklari $\lambda_1=520\cdot 10^{-9}$ m yoki $\lambda_2=660\cdot 10^{-9}$ m bo'lgan nur bilan yoritilganda qaysi holda va necha marta yuqori bo'ladi?

6. Zarracha o'lchamlari va konsentratsiyalari bir xil bo'lganda ikki emulsiya benzolning suvdagi va n-pentanning suvdagi emulsiyalari nur tarqatish intensivligini solishtiring. Benzolning sindirish ko'rsatkichi $n=1,50$, n-pentanniki $n=1,36$. Suvning sindirish ko'rsatkichi $n_0=1,33$.

7. Nefelometr asbobida olingan natijalar bo'yicha polistirol lateksi gidrozoli zarrachalarining o'rtacha radiusini hisoblang. Standart zolning yoritish balandligi $h_1=7\cdot 10^{-3}$ m, zarrachasining o'rtacha radiusi $r_1=77\cdot 10^{-9}$ m, tekshirilayotgan zolning yoritilgan balandligi $h_2=14\cdot 10^{-3}$ m. Standart va tekshirilayotgan zol konsentratsiyalari teng.

8. Nefelometr yordamida olingan quyidagi natijalar bo'yicha tekshirilayotgan zol konsentratsiyasini aniqlang: standart zolning yoritish balandligi $h_1=6\cdot 10^{-3}$ m, konsentratsiyasi $4\cdot 10^{-6}$ kg/m³. Tekshirilayotgan zolning yoritilish balandligi $h_2=16\cdot 10^{-3}$ m. Ikkala zol zarrachalarining o'lchami teng.

Har bir kishi kasb-korni mukammal bilmog'i, yaxshi tarbiya olmog'i va yaxshi hulq-odob fazilatlariga ega bo'lmog'i kerak.

Forobiy

XI - BO'LIM

Kolloid sistemalarning elektrokinetik xossalari.

Kolloid sistemalarning (xususan gidrozollarning) elektr maydonidagi holatini tekshirgan juda ko'p izlanishlar shuni ko'rsatdiki, kolloid zarrachalar o'zgarmas tezlikda elektrodlardan biri tomon harakatlanadi. Dispers faza

zarrachalarining elektr maydonidagi harakati elektroforez deyiladi. Suyuq dispers muhitning elektr maydonidagi harakati elektroosmos deyiladi. 1859 yilda Kvinke suyuqlikning g'ovak diafragma orqali oqib o'tishida potensial farqi yuzaga kelishini aniqladi. Uni oqib chiqish potentsiali deb ataldi.

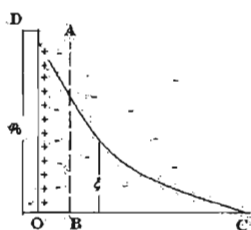
1878 yilda Dorn dispers faza zarrachalarini cho'kishida qatlamlar orasida potensial farqi hosil bo'lishini isbotlab cho'kish potentsiali deb atadi.

Yuqoridagi to'rtta hodisaning sodir bo'lishini fazalar chegarasida qo'sh elekt qavat (QEQ) hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi.

Qo'sh elektr qavatning hosil bo'lishini 1924 yilda Shtern o'z nazariyasida tushuntirgan. Bu nazariya elektrostatik tortishish, adsorbtsiya va ionlarning o'lchamlarini hisobga oladi. Kumush nitrat ortiqcha olingan kumush xlorid zoli mitsellasining tuzilishini koordinatalar sistemasida ifodalab, qo'sh elektr qavatning tuzilishini ko'rib chiqamiz.

Agregat va dispers muhitning chegara sathida potensial aniqlovchi ionlar (bu misolda n ta Ag^+ ionlari) adsorbtsiyalanadi. Qarshi ionlar $(n-x)$ ta NO_3^- ham adsorbtsion va elektrostatik kuchlar ta'sirida bo'ladi. Shu bilan birga x ta NO_3^- ioniga issiqlik harakati ham ta'sir etadi. Natijada qarshi ionlar diffuzion tarqaladi. NO_3^- ionlarining konsentratsiyasi sathdan uzoqlashgan sari kamayadi.

Potensial aniqlovchi ionlar (n ta) va qarshi ionlarning bir qismi



$(n-x)$ ta adsorbtsion qavatni hosil qiladi. Uning qalinligi gidratlangan ion diametriga teng (rasmda AB chiziq) qolgan (x) ta qarshi ion diffuzion qavatni hosil qiladi (BC oraliq).

Qattiq faza bilan eritma orasida potensial farqi hosil bo'ladi va u termodinamik potensial deyiladi – ϕ (rasmda OD kesma). Diffuzion qavatgacha OC qiymati to'g'ri chiziq bo'ylab pasayadi.

Agar zolni elektr maydoniga joylashtirilsa, diffuzion qavatdagi bo'sh ushlangan ionlar bir elektrodga, zaryadlangan zarracha esa boshqa elektrodga yuqoridagi misolda qatodga tomon harakatlanadi. Mitsella xuddi AB chegarada

ikkiga bo'linganga o'xshaydi. Adsorbtsion va diffuzion qavatlar orasida boshqa potentsial hosil bo'ladi. Bu potentsial termodinamik potentsialning bir qismi bo'lib, elektrokinetik yoki dzeta ξ -potentsial deyiladi. Elektroforetik tekshirishlarda zol chegarasining chiziqli tezligi bilan dzeta potentsial orasidagi bog'lanishni ifodalovchi tenglamadan:

$$\xi = \frac{\eta \cdot V}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot H} \text{ foydalaniladi.}$$

ε - muhitning dielektrik doimiyligi;

ε_0 - elektrik doimiyluk, $8,85 \cdot 10^{-12}$ f/m;

H – tashqi maydon gradienti V/m;

η - muhit qovushqoqligi, N·s/m²

Zol chegarasining tezligi elektroforetik harakatchanlik U bilan bog'liq. Elektroforetik harakatchanlik potentsial gradienti 1V da 1 m bo'lganda, yani H=1

V/m da zarrachaning 1 c da bosib o'tgan yo'lini xarakterlaydi. $U = \frac{V}{H} = V \frac{l}{E} = \frac{S \cdot l}{\tau \cdot E}$,

E- elektrodlar orasidagi potentsial farqi, V;

l- elektrodlar orasidagi masofa, m;

τ - zol chegarasi, S - (m) masofani bosib o'tgan vaqt.

Elektroosmotik natijalar bo'yicha dzeta potentsialni

$$\xi = \frac{\eta \cdot \chi \cdot W}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot J} \text{ tenglama bo'yicha hisoblash mumkin}$$

χ - solishtirma elektr o'tkazuvchanlik Om⁻¹m⁻¹

W - hajmiy tezlik, m³/s;

J - tok kuchi, A;

ε_0 - elektrik doimiyluk = $8,85 \cdot 10^{-12}$ f/m.

Oqib chiqish potentsiali qo'sh elektr qavatda ionlarning joylashishi bilan bog'liq.

Diffuzion qavatdagi ionlar qancha ko'p bo'lsa, elektrokinetik potentsial qiymati katta bo'ladi. Shu bilan bir qatorda oqib chiqish potentsiali ham shuncha katta

bo'ladi, berilgan bosim bilan oqib chiqish potentsiali (E) orasida $E = \frac{P \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \xi}{\eta \cdot \chi}$

bog'lanish bor.

P –suyuqlikni harakatga keltirish uchun berilgan bosim, Pa;

ξ - dzeta potentsial qiymati zolning agregativ barqarorligini xarakterlaydi. Zolga elektrolit qo'shilsa diffuzion qavat siqiladi, termodinamik potentsial keskin kamayadi. Dzeta potentsial qiymati ham kamayadi.

Masala yechish namunalari

1-masala. Mishyak (III) sulfid gidrozoli zarrachalarining elektrokinetik potentsialini hisoblang. Elektroforez usulida 200s ichida, zol chegarasi $6,0 \cdot 10^{-2}$ m ga surildi. Tashqi maydon gradienti $H=8,0 \cdot 10^{-2}$ N·s/m², muhit qovushqoqligi $\eta = 10^{-3}$ N·s/m², dielektrik doimiyligi 81, elektrik doimiylik $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ f/m.

Yechish: Elektroforez tezligini hisoblaymiz:

$$V = \frac{S}{\tau} = \frac{6 \cdot 10^{-2}}{200} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

ξ - dzeta potentsialni hisoblash uchun $\xi = \frac{\eta \cdot V}{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot H}$ tenglamadan foydalanamiz

$$\xi = \frac{10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{81 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 8 \cdot 10^2} = 5,23 \cdot 10^{-1} = 0,523 \text{ V}$$

Mishyak (III) sulfid zarrachalarining elektrokinetik potentsiali 523 mV ga teng.

2-masala. Maydon potentsiali gradienti 980 V/m², dzeta potentsial

$\xi = 8,0 \cdot 10^{-3}$ V bo'lsa oltin gidrozoli zarrachalarining elektroforetik tezligini hisoblang. Muhit qovushqoqligi $1,14 \cdot 10^{-3}$ N·s/m², elektrik doimiylik $8,85 \cdot 10^{-12}$ f/m.

Yechish: Elektroforetik tezlikni hisoblash uchun $V = \frac{\xi \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot H}{\eta}$ dan foydalanamiz

$$V = \frac{58 \cdot 10^{-3} \cdot 81 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 980}{1,14 \cdot 10^{-3}} = 3,57 \cdot 10^{-5} \text{ m/s.}$$

Demak, $V = 3,57 \cdot 10^{-5}$ m/s.

3-masala. Elektroosmos jarayonida quyidagi natijalar olindi: tok kuchi $J = 3 \cdot 10^{-3}$ A,

$\tau = 20$ s da $2,0 \cdot 10^{-8}$ m³ hajmdagi eritma harakatlanadi. Muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $\chi = 6,2 \cdot 10^{-2}$ Om⁻¹m⁻¹, qovushqoqligi $\eta = 10^{-3}$ N·s/m², dielektrik doimiyligi 81, elektrik doimiylik $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ f/m.

Kvarts–KCl ning suvli eritmasi chegarasidagi ξ -dzeta potentsialni hisoblang.

Yechish: $\xi = \frac{\eta \cdot \chi \cdot W}{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot J}$ formuladan foydalanamiz

Hajmiy tezlik W ni $W = \frac{V}{\tau}$ bo'yicha hisoblanadi, $W = \frac{2 \cdot 10^{-8}}{20} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$

$$\xi = \frac{10^{-3} \cdot 6,2 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-9}}{81 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 2,88 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

Kvarts –kaliy xlorning suvli eritmasi chegarasidagi dzeta potentsial qiymati 28,8 V
4-masala. KClning suvli eritma bilan keramika membrananing chegarasidagi elektrokinetik potentsiali qiymatini hisoblang. Eritmani $P=42 \cdot 10^{-3}$ Pa bosim ostida membranadan o'tkazildi. Oqib chiqish potentsiali $E=8,0 \cdot 10^{-2}$ V, muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $\chi = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ Om}^{-1}\text{m}^{-1}$, qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, dielektrik doimiyliги 81, elektrik doimiylik $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ f/m}$.

Yechish: $\xi = \frac{E \cdot \eta \cdot \chi}{P \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}$ formuladan foydalanamiz

$$\xi = \frac{8 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}}{42 \cdot 10^3 \cdot 81 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 4,25 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

$$\xi = 42,5 \text{ mV}$$

Mustaqil yechish uchun masalalar .

1. Kvartsning suvdagi suspenziyasi uchun elektrokinetik potentsial qiymatini hisoblang. Elektroforez jarayonida zarrachalar anod tomon harakatlanadi. Zol chegarasi 200 s da $7 \cdot 10^{-2}$ m ga surildi. Muhitning dielektrik doimiyliги 81, elektrik doimiylik $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ f/m}$, qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$.
2. Berlin lazurining gidrozoli zarrachalarining elektroforez tezligini hisoblang. Elektrokinetik potentsial ξ –qiymati $6,8 \cdot 10^{-2}$ V, tashqi maydon kuchlanishi $6,0 \cdot 10^{-2} \text{ V/m}$, muhit qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, muhitning dielektrik doimiyliги 81, elektrik doimiylik $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ f/m}$.
3. Dzeta potentsial qiymati $\xi = 89,5 \cdot 10^{-3}$ V, elektrodlar orasidagi potentsial 240 V, elektrodlar orasidagi masofa $20 \cdot 10^{-2}$ m bo'lsa, mishyak(III)sulfid

gidrozoli zarrachalari elektroforez tezligini hisoblang. Muhit qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, dielektrik doimiyligi 81, elektrik doimiylik $8,85\cdot 10^{-12} \text{ f}/\text{m}$.

4. Elektrokinetik potentsial qiymati $\xi = 48,8\cdot 10^{-3} \text{ V}$ bo'lsa, loy zarrachalarining elektroforez tezligini hisoblang. Elektrodlar orasidagi potentsial qiymati 220 V, masofa $44\cdot 10^{-2} \text{ m}$, muhit qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, dielektrik doimiyligi 81, elektrik doimiylik $8,85\cdot 10^{-12} \text{ f}/\text{m}$.

5. Temir gidroksid gidrozoli zarrachalarining elektrokinetik potentsial qiymati $\xi = 52,5\cdot 10^{-3} \text{ V}$, elektroforez tezligi $3,7\cdot 10^{-6} \text{ m}/\text{s}$ bo'lsa, elektrodlar orasidagi kuchlanishni hisoblang. Muhit qovushqoqligi $\eta = 1,005\cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, dielektrik doimiyligi $\epsilon = 81$, elektrik doimiylik $8,85\cdot 10^{-12} \text{ f}/\text{m}$.

6. Tajribada olingan quyidagi natijalar: maydon kuchlanishi 220 V, elektrodlar orasidagi masofa $22\cdot 10^{-2} \text{ m}$, zol chegarasining siljishi 900 s vaqtda $2\cdot 10^{-2} \text{ m}$ asosida temir gidroksid zoli zarrachalarining elektrokinetik potentsial qiymatini hisoblang. Muhit uchun $\epsilon = 81$,
 $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, $\epsilon_0 = 8,85\cdot 10^{-12} \text{ f}/\text{m}$.

7. Kaliy xlor suvli eritmasining membrana orqali elektroosmos jarayoni vaqtida hajmiy tezlik $W = 5,7\cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, bo'lganda tok kuchi qanday bo'ladi? Dzeta potentsial qiymati $\xi = 10\cdot 10^{-3} \text{ V}$. Muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $\chi = 8,8\cdot 10^{-2} \text{ Om}^{-1}\text{m}^{-1}$, qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, $\epsilon_0 = 8,85\cdot 10^{-12} \text{ f}/\text{m}$.

8. Kollodiy parda orqali KCl ning suvli eritmasi $P = 20\cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, bosim ostida oqizilganda oqib chiqish potentsiali E qiymatini hisoblang. Muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchaligi $\chi = 1,4\cdot 10^{-2} \text{ Om}^{-1}\text{m}^{-1}$, qovushqoqligi $\eta = 10^{-3} \text{ H}\cdot\text{s}/\text{m}^2$, $\epsilon = 81$, $\epsilon_0 = 8,85\cdot 10^{-12} \text{ f}/\text{m}$. Elektrokinetik potentsial qiymati $\xi = 7,0\cdot 10^{-3} \text{ V}$ ga teng.

9. Elektroosmos natijasida olingan natijalar asosida, oqib chiqish potentsiali E ni hisoblang: natriy xlorning suvli eritmasining hajmiy tezligi $W = 7,0\cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}$, tok kuchi $3,7\cdot 10^{-4} \text{ A}$, eritma membranadan $P = 24\cdot 10^{-3} \text{ Pa}$ bosim ostida oqiziladi.

10. KCI eritmasi keramik membrana orqali oqizilganda $\xi = 3,0 \cdot 10^{-3}$ V, muhitning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $\chi = 1,3 \cdot 10^{-2}$ $\text{Om}^{-1}\text{m}^{-1}$, qovushqoqligi $\eta = 10^{-3}$ $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ bo'lsa, eritma qanday bosim ostida oqizilganini hisoblang. $\epsilon = 81$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ f/m.

Liofob zollarning koagulyatsiyasi.

N.P. Peskov 1922 yilda liofob zollarning sedimentatsion (kinetik) va agregativ turg'unligi tushunchalarini kiritdi. Kolloid sistemalarning sedimentatsion turg'unligi ularning broun harakatida bo'lishi bilan tushuntiriladi. Ularda sedimentatsion-diffuzion muvozanat yuzaga keladi. Agregativ barqarorlik dispers sistemalarning o'zining dastlabki disperslik darajasini va bir tekisda tarqalganligini saqlash qobiliyatini xarakterlaydi. Agregativ barqarorlikning buzilishi o'z-o'zidan sodir bo'ladigan koagulyatsiya jarayoniga olib keladi. Kolloid zarrachalarning bir-biri bilan yopishib, yiriklashishi koagulyatsiya deyiladi. Yirik zarrachalar og'irlik kuchi ta'sirida tagiga cho'kishi mumkin. Bu jarayon sedimentatsiya deyiladi. Ba'zan koagulyatsiyada hech qanday o'zgarish kuzatilmaydi, bu yashirin koagulyatsiya deyiladi, agar zolda sezilarli belgilar-xiralashishi yoki rang o'zgarishi sodir bo'lsa, ochiq koagulyatsiya deyiladi.

Elektrokinetik potentsial ξ (dzeta) potentsial qiymatini kamaytiruvchi va diffuzion qavatdagi ionlarni degidratlab diffuzion qavatni siqilishiga olib keluvchi barcha omillar koagulyatsiyani yuzaga keltirishi mumkin. Bularga haroratning ortishi, elektrolitlar qo'shish, boshqa zol qo'shish kiradi.

Elektrolitlar ta'siridagi koagulyatsiyaning asosiy qonuniyati Shultse-Gardi qonunida ifodalanadi. Unga binoan koagulyatsiyani elektrolitning bitta ioni, kolloid zarracha zaryadiga qarama-qarshi zaryadlangani chaqiradi, bu ionning valentligi qancha katta bo'lsa, uning koagulyatsiyalash qobiliyati shuncha yuqori bo'ladi.

1 m^3 zolni koagulyatsiyaga uchratish uchun etarli bo'lgan elektrolitning kmol lardagi minimal miqdori koagulyatsiya chegarasi deyiladi.

Koagulyatsiya chegarasini $\gamma = \frac{C \cdot V_{el}}{V_z + V_{el}}$ formula bo'yicha hisoblanadi.

C – elektrolit konsentratsiyasi, kmol/m^3 ;

V_{el} – elektrolit hajmi, m^3 ;

V_z – zolning hajmi, m^3 ;

Koagulyatsiya chegarasiga teskari qiymat ionning koagulyatsiya qobiliyati

deyladi. $p = \frac{1}{\gamma}$

Masala yechish namunalari

1-masala. Kumush xlorid zoli bir xil hajmdagi 0,0095 M kaliy xlorid va 0,012 N kumush nitrat eritmalarini aralashtirib olindi. Ushbu zol uchun $K_1[Fe(CN)_6]$, $K_4[Fe(CN)_6]$ va $MgSO_4$ eritmalaridan qaysi elektrolit uchun koagulyatsiya chegarasi eng katta.

Yechish: Masala shartiga ko'ra kaliy xlorid va kumush nitrat eritmlaridan 1 l dan olindi deb hisoblash mumkin. Kaliy xloridning miqdorini hisoblaymiz: $0,0095 \cdot 1000 = 9,5$ g-mol KCl. Xuddi shunday $AgNO_3$ miqdorini g'isoblaymiz $0,012 \cdot 1000 = 12$ g-mol $AgNO_3$.

$AgNO_3 + KCl = [AgCl] + KNO_3$ reaksiyaga muvofiq 1 mol KCl 1 mol $AgNO_3$ bilan ta'sirlashadi, demak $AgNO_3$ ortiqcha olingan.

Zol zarrachasining mitsella formulasi:

$\{m[AgCl] \cdot nAg^+ \cdot (n-x)NO_3^- \}^{x+} \cdot xNO_3^-$ Shultse-Gardi qoidasiga binoan kolloid zarracha musbat zaryadga ega bo'lganligi uchun koagulyatsiyani SO_4^{2-} , $[Fe(CN)_6]^{3-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$ ionlari chaqiradi.

SO_4^{2-} ionining valentligi eng kichik bo'lganligi uchun K_2SO_4 elektrolitning koagulyatsiya chegarasi eng katta.

2-masala. Uchta kolbaga $50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ temir (III) gidroksid zoli quyildi. Zolni koagulyatsiyaga uchratish uchun birinchi kolbaga $5,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ 1 kmol/m^3 konsentratsiyali KCl, ikkinchi kolbaga $31,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^3$

konsentratsiyali Na_2SO_4 , uchunchi kolbaga $18,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ $3,3 \cdot 10^{-4} \text{ kmol/m}^3$ li Na_3PO_4 eritmasi quyildi. Har bir elektrolit uchun koagulyatsiya chegarasi va zol zarrachasi zaryadini aniqlang.

Yechish: Koagulyatsiya chegarasi $\gamma = \frac{C \cdot V_{el}}{V_x + V_{el}}$ formula bo'yicha hisoblaymiz.

$$\text{KCl uchun: } \gamma = \frac{1,53 \cdot 10^{-6}}{50 \cdot 10^{-6} + 5,3 \cdot 10^{-6}} = 0,0958 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ uchun: } \gamma = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 31,5 \cdot 10^{-6}}{50 \cdot 10^{-6} + 31,5 \cdot 10^{-6}} = 1,93 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Na}_3\text{PO}_4 \text{ uchun: } \gamma = \frac{3,3 \cdot 10^{-4} \cdot 18,7 \cdot 10^{-6}}{50 \cdot 10^{-6} + 18,7 \cdot 10^{-6}} = 8,98 \cdot 10^{-5} \text{ kmol/m}^3$$

Elektrolitlar tarkibida anionning valentligi har xil. Koagulyatsiya chegaralari har xilligidan zarracha zaryadi musbat ekanligi ma'lum bo'ladi. Na_3PO_4 eritmasining koagulyatsiya chegarasi eng kichik va PO_4^{3-} ionining koagulyatsiya qobiliyati eng katta.

3-masala. $0,01 \text{ kmol/m}^3$ konsentratsiyali $Al_2(SO_4)_3$ eritmasining 10^{-3} m^3 As_2S_3 zoli uchun koagulyatsiya chegarasi $\gamma = 96 \cdot 10^{-6} \text{ kmol/m}^3$. Ochiq koagulyatsiya sodir bo'lishi uchun $Al_2(SO_4)_3$ eritmasidan qancha qo'shish kerak?

Yechish: $\gamma = \frac{C \cdot V_{el}}{V_x + V_{el}}$ formuladan $V = \frac{\gamma \cdot V_x}{C - \gamma}$ kelib chiqadi.

$$\lambda = \frac{96 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3}}{10^{-2} - 96 \cdot 10^{-6}} = \frac{96 \cdot 10^{-9}}{904 \cdot 10^{-6}} = 1,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

- $18 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ kumush yodid zolini koagulyatsiyaga uchratish uchun $3,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$ bariy nitrat eritmasi sarf bo'ldi. Elektrolit eritmasining konsentratsiyasi $0,05 \text{ kmol/m}^3$. Zolning koagulyatsiya chegarasini hisoblang.
- Mishyak sulfid zolini koagulyatsiyaga uchratishda natriy xlorid eritmasi ($10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ zolga $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ natriy xlorid eritmasi kerak) o'niga $0,036 \text{ kmol/m}^3$ magniy xlorid ($10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ zolga $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ natriy xlorid eritmasi

kerak) eritmasi va $0,01 \text{ kmol/m}^3$ alyuminiy xlorid ($10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ zolga $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ natriy xlorid eritmasi kerak) eritmasi qo'shilsa zolning koagulyatsiya chegarasi necha marta kamayadi?

3. $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ alyuminiy gidroksid zolini koagulyatsiyaga uchratish uchun $0,01 \text{ kmol/m}^3$ $K_2Cr_2O_7$ eritmasidan qancha qo'shish kerak? Zolning koagulyatsiya chegarasi $0,63 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^3$

4. Berilgan zol uchun elektrolitlarning koagulyatsiya konsentratsiyalari (kmol/m^3):

$$\text{a) } \gamma_{KNO_3} = 50 \cdot 10^{-3}; \gamma_{MgCl_2} = 0,717 \cdot 10^{-3}; \gamma_{AlCl_3} = 0,093 \cdot 10^{-3};$$

$$\text{b) } \gamma_{NaCl} = 51 \cdot 10^{-3}; \gamma_{MgSO_4} = 0,81 \cdot 10^{-3}; \gamma_{Al(NO_3)_3} = 0,095 \cdot 10^{-3};$$

Zol zarrachasi zaryadini aniqlang.

5. Kumush yodid zoli uchun elektrolitlarning koagulyatsiya chegaralari (kmol/m^3):

$$\text{a) } \gamma_{KCl} = 256,0 \cdot 10^{-3}; \gamma_{Ba(NO_3)_2} = 6,0 \cdot 10^{-3}; \gamma_{Al(NO_3)_3} = 0,067 \cdot 10^{-3};$$

$$\text{b) } \gamma_{KMnO_4} = 51,0 \cdot 10^{-3}; \gamma_{Sr(NO_3)_2} = 0,81 \cdot 10^{-3}$$

Zol zarrachasi zaryadini aniqlang va har bir elektrolit uchun koagulyatsiyalash qobiliyatini hisoblang.

6. $10 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ $0,03 \%$ - li natriy xlorid eritmasiga $25 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ 10^{-3} kmol/m^3 kumush nitrat eritmasi qo'shildi. Olingan zolning koagulyatsiyasini o'rganish uchun kaliy bromid, bariy nitrat, kaliy dixromat, magniy sulfat va alyuminiy xlorid eritmalari qo'shildi. Qaysi elektrolitning koagulyatsiya chegarasi eng kichik va koagulyatsiyalash qobiliyati eng past?

7. Koagulyatsiya hodisasini o'rganish uchun temir gidroksid zoliga $5 \cdot 10^{-6} \text{ kmol/m}^3$ konsentratsiyali bariy xlorid eritmasi qo'shildi. Elektrolit eritmasini suv bilan 1:1; 1:2; 1:4; 1:6; 1:7; 1:8; 1:15 nisbatlarda suyultirildi. Yettita probirkaning har biriga $10 \cdot 10^{-3}$ zol qo'shilib ustiga $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ suyultirilgan eritmalardan qo'shildi. Probirkalarni chayqatib qo'yib qo'yildi.

suyultirish	1:1	1:2	1:4	1:6	1:7	1:8	1:15
koagulyatsiya	cho'kma	cho'kma	cho'kma	cho'kma	xira	-	-

Natijalardan foydalanib, elektrolitning koagulyatsiya chegarasini hisoblang.

8. $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ temir gidroksid zolida ochiq koagulyatsiya sodir bo'lishi uchun quyidagi elektrolitlar qo'shiladi:

1) $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kmol/m}^3$ li kaliy xlorid;

2) $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 5 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^3$ li kaliy sulfat

3) $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ kmol/m}^3$ kaliy ferratsianid eritmalari. Elektrolitlarning koagulyatsiya chegaralarini hisoblang. $K_4[Fe(CN)_6]$ eritmasining koagulyatsiyalash qobiliyati KCl va K_2SO_4 larning koagulyatsiyalash qobiliyatidan necha marta ko'p?

Kitob barcha aql - idrokning, bunyodkorlik, yaratuvchi va ilmu donishning asosini, xatni o'rgatuvchi murabbiydir.

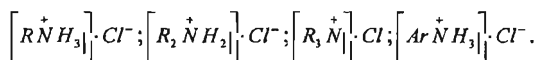
XII - BO'LIM

Kolloid sirt aktiv moddalar.

Kolloid sirt aktiv moddalar katta ahamiyatga ega. Ular difil tuzilishga ega bo'lib, uglevodorod radikalida 10-20 tagacha uglerod atomi saqlaydi. Ular yuvuvchi vosita sifatida keng miqyosda ishlatiladi. Ular 2 ta katta sinfga bo'linadi: suvda eriydigan va moyda eriydigan SAM. Suvda eriydigan SAM dissotsiatsiyalanishiga qarab, ionogen va noionogen SAM larga bo'linadi. Ionogen SAM o'z navbatida kation-, anion- va amfolit SAM larga bo'linadi.

Anion SAM lar suvda sirt-aktiv anion hosil qiladi. Ularga karbon kislotalar va ularning tuzlari, RCO_2Me , alkilsulfatlar $R-OSO_3 - Me$, alkilsulfonatlar $R-SO_3 - Me$ kiradi.

Kation SAM suvda sirt-aktiv kation hosil qilib dissotsiatsiyalanadi. Ularga birlamchi, ikkilamchi, uchlamchi aminlarning tuzlari



Kation SAM zaharli bo'lib, bakteritsid va dezinfeksiyalovchi moddalar sifatida ishlatiladi.

Amfolit SAM 2 ta funksional guruh tutadi, bulardan biri kislota, ikkinchisi asos xarakterga ega, Ularga aminokislotalar misol bo'ladi.

Noionogen SAM critmada ionlarga dissotsiatsiyalanmaydi.

Past konsentratsiyali eritmalarida SAM molekulyar dispers sistema hosil qiladi. Konsentratsiya oshirib borilsa, sferik shakldagi mitsellalar hosil bo'ladi. Ularda SAM molekulasining uglevodorod zanjirlari bir – biri bilan birikkan, polyar guruhlari suvga qaragan bo'ladi, Mitsellalarda odatda 50-100 ta gacha SAM molekulasi bo'ladi.

Mitsella hosil bo'la boshlagan konsentratsiya mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasi deyiladi.

Eritma konsentratsiyasi oshirib borilsa, mitsellalarning shakli o'zgaradi. Avval silindr shakliga, so'ngra plastinka ko'rinishga o'tadi. Bundan keyingi konsentratsiyaning ortishi gel hosil bo'lishiga olib keladi.

Kolloid SAM larning xarakterli xossalaridan biri solyublizatsiya hodisasidir. Organik polyarmas moddalarning kolloid SAM ning suvli eritmalarida erishi solyublizatsiya deyiladi.

Solyublizatsiya mexanizmi shundan iboratki, polyarmas modda molekulari SAM ning suvli eritmasidagi mitsellalarning polyarmas yadrosiga kirib eriydi. Bunda uglevodorod radikallari itarilib, mitsellaning hajmi kattalashadi.

Mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasi (MHQKK)ni aniqlash SAM eritmalarining biror-bir, fizik xossasini (sirt tarangligi δ , loyqaligi τ , ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi λ_w ; osmotik bosimi π , sindirish ko'rsatgichi n) keskin o'zgarishini aniqlashga asoslangan.

Izlanishlar shuni ko'ratadiki, SAM eritmasiga qo'shimchalar qo'shish, haroratni o'zgartirish MHQKK sini o'zgartiradi. SAM larning eritmalaridagi mitsellalar mitselyar massa va agregatsiya soni bilan xarakterlanadi.

Mitselyar massa – Mitsella tarkibidagi barcha molekular molyar massalari yigindisi.

Agregatsiya soni – mitsella tarkibidagi barcha molekullar sonini beradi.

Shar shaklidagi mitsellali SAM eritmalarida diffuziya koeffitsientini tajribada aniqlanadi.

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi\eta \cdot r}$$

Undan o'rtacha radiusni topib olib, mitsellyar massani hisoblanadi.

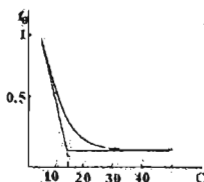
$$M = \frac{4}{3} \pi^3 \cdot \rho \cdot N$$

Masala yechish namunalari.

1-masala. Osmometrik usulda olib borilgan tajribalar natijalariga asosanib kaliy oleatning suvli eritmasidagi mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasini aniqlang.

Konsentratsiya $C \cdot 10^3, \text{ kmol/m}^3$	1,6	6,4	14,4	25,6	40
Osmotik koeffitsent, f_0	0,9	0,26	0,18	0,13	0,10

Yechish: Osmotik koeffitsienti konsentratsiyaga bog'liqlik grafigini $f_0 = f(c)$ chizamiz. Keskin burilish nuqtasidan MHQKK sini topamiz.



2-masala. HF dispergatorining mitsellalari shar shaklida bo'lib, ularning suvdagi diffuziya koeffitsienti $1,0 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$. Moddaning zichligi $\rho = 1,44 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, harorat 293K, muhit qovushqoqligi $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$.

Yechish: Diffuziya koeffitsenti formulasidan mitsellaning radiusini hisoblaymiz.

$$r = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot D} = \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 293}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-10}} = 21,47 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Mitsellyar massani hisoblaymiz.

$$M = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot \rho \cdot N = \frac{4}{3} \cdot 3,14 (21,47 \cdot 10^{-10})^3 \cdot 1,44 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,59 \cdot 10^4;$$

$$M = 3,59 \cdot 10^4$$

Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. Osmometriya usulida olingan tajriba natijalariga asosanib, dodetsilsulfonat kislotaning mitsella hosil qilish kritik konsentratsiyasini aniqlang.

Konsentratsiya $C \cdot 10^2, \text{ kmol/m}^3$	0,25	1,0	2,35	4,0	6,25	9,0
Osmotik koeffitsent, f_0	0,95	0,93	0,44	0,24	0,20	0,10

2. Nekalning suvli eritmasining loyqaligini optik usulda tajribada aniqlab, quyidagi natijalar olindi:

Konsentratsiya $C \cdot 10^2, \%$	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Eritma loyqaligi, $\tau \cdot 10^6$ m^{-1}	0,029	0,03	0,035	0,08	0,5	0,85	1,25	1,5	1,6

Nekalning mitsellyar massasini hisoblang.

3. Sovunning suvdagi mitsellalari shar shaklida. Uning diffuziya koeffitsienti 313K da $D = 6,9 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$, muhit qovushqoqligi $\eta = 8 \cdot 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ bo'lsa, mitsellalarning o'rtacha radiusini hisoblang.

4. Mitsellalari shar shaklida bo'lgan, sulfo sovunning 295K da suvdagi diffuziya koeffitsienti $D = 1,25 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, zichligi $\rho = 1,136 \cdot 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$, muhit qovushqoqligi $1 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ bo'lsa, uning mitsellyar massasini hisoblang.

Dispers sistemalar va yuqori molekulyar birikma eritmalarining qovushqoqligi

Qovushqoqlik suyuqlikning qo'shni qatlamlari biri-biriga nisbatan harakatlanishi natijasida yuzaga keladigan ichki ishqalanishdir. U suyuqlik molekullari orasidagi ta'sirlashish kuchiga bog'liq. Polyar suyuqliklarda

molekulararo ta'sirlashish kuchlari katta bo'lganligi uchun qovushqoqlik yuqori bo'ldi. Polyarmas suyuqliklarning qovushqoqligi pastroq bo'ladi.

Nyuton qonuniga binoan ichki ishqalanish kuchi $F = \eta \frac{dU}{dX} \cdot S$ ga teng

S – bir-biriga ishqalanayotgan suyuqlik qatlamlari yuzasi;

dU - suyuqlik qatlamlarining harakatlanish tezligi;

dX - qatlamlar orasidagi masofa;

η - qovushqoqlik koeffitsenti.

η - suyuqlik tabiati va haroratga bog'liq.

Puazeyl qonuni naychadan oqib chiqayotgan suyuqlik miqdorini (V) aniqlaydi.

$$V = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta P \cdot \tau}{8 \cdot \eta \cdot l}$$

r – naycha radiusi;

l - naycha uzunligi;

ΔP - naycha boshida va oxirida oqayotgan suyuqlikka ta'sir etuvchi bosim;

τ - suyuqlikning naychadan oqib o'tish vaqti.

Bu qonunlar laminar oqim uchun xarakterli bo'lib, turbulent oqim uchun qo'llab bo'lmaydi.

Ikkala qonunni toza suyuqliklar, chin eritmalar va ba'zi kolloid eritmalariga qo'llash mumkin.

Qovushqoqlikni o'lchashning bir necha usullari mavjud.

1. Kapillyar usul. Qovushqoqlikni viskozimetrlarda o'lchanadi. Bunda Puazeyl qonuni tenglamasidan foydalaniladi.

$$\eta = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta P \cdot \tau}{8 \cdot l \cdot V}$$

Tekshirilayotgan suyuqlik yoki eritmaning qovushqoqligini taqqoslash usuli bilan aniqlanadi.

$$\eta = \eta_0 \frac{\tau \cdot \rho}{\tau_0 \cdot \rho_0}$$

η_0 - standart suyuqlik qovushqoqligi,

τ_0 va τ - standart va tekshirilayotgan suyuqliklarning oqib o'tish vaqti.

ρ_0 va ρ - standart va tekshirilayotgan suyuqlik zichliklari.

2. Sharchaning tushish tezligini o'lchash usuli.

Tekshirilayotgan suyuqlikning qovushqoqligini hisoblash uchun

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2(\rho - \rho_0)}{V} \cdot q \quad \text{tenglama qo'llaniladi}$$

r - sharcha radiusi;

ρ , ρ_0 - sharcha va suyuqlik yoki eritmaning zichliklari.

q - erkin tushish tezlanishi. $9,8 \text{ m}^2/\text{s}$.

V - sharchaning tushish tezligi.

Polimerlarning molekulyar massasini aniqlash.

Polimer molekularining uzunligi turlicha bo'ladi. Shu sababli biror-bir usulni qo'llab aniqlangan molekulyar massasi o'rtacha molekulyar massa bo'ladi.

Viskozimetrik usul. Bu usul eng sodda va eng oson usul bo'lib, polimer moddalarning molekulyar massasini keng oraliqdagi qiymatini o'lchash imkonini beradi.

Polimer eritmasining qovushqoqligini o'lchashda kapilyar viskozimetrlardan foydalaniladi. Bunda teng hajmda erituvchi va eritmaning berilgan haroratda viskozimetr kapilyaridan oqib o'tish vaqtlarini t_0 va t larni o'lchanadi.

Avval nisbiy, solishtirma va keltirilgan qovushqoqliklar hisoblanadi:

$$\eta_{\text{absby}} = \frac{t}{t_0} = \frac{\eta}{\eta_0}$$

$$\eta_{\text{sol}} = \frac{t-t_0}{t_0} = \frac{\eta-\eta_0}{\eta_0} = \eta_{\text{absby}} - 1$$

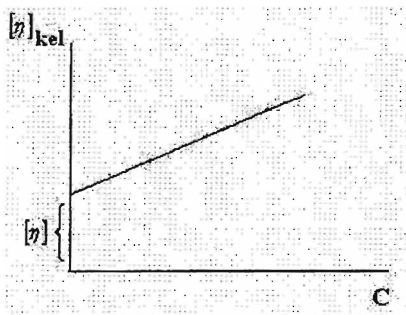
$\eta_{\text{kel}} = \frac{\eta_{\text{sol}}}{C}$ Solishtirma qovushqoqlik polimerlarning molekulyar massasi bilan bog'liq. Bu bog'liqlikni Shtaudinger quyidagi tenglama bilan ifodaladi.

$$\eta_{\text{sol}} = K \cdot C \cdot M^\alpha$$

K – polimer gomologik qatorining ma'lum bir erituvchidagi doimiyliigi;

α - molekula shakliga bog'liq doimiylik;

C – polimer eritmasining massa ulushlardagi konsentratsiyasi.



Har bir konsentratsiyali eritma uchun keltirilgan qovushqoqlik hisoblanib koordinatalar sistemasida $\eta_{\text{kel}} = f(c)$ bog'liqlik grafigi chiziladi.

To'g'ri chiziqning ordintalar o'qida kesib o'tgan kesmasi xarakteristik qovushqoqlik $[\eta]$ ni beradi.

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{\text{sol}}}{C}$$

Yuqoridagi tenglamani $[\eta] = KM^\alpha$ ko'rinishida yozish mumkin va u Mark-Kun-Xauvink tenglamasi deyiladi. Uni logarifmlab molekulyar massa aniqlanadi:

$$\lg[\eta] = \lg K + \alpha \lg M$$

$$\lg M = \frac{\lg[\eta] - \lg K}{\alpha}$$

Osmometriya usuli. Bu usul polimerlarning suyultirilgan eritmalarining osmotik bosimini o'lchashga asoslangan. Agar biror moddaning eritmasi erituvchidan yarim o'tkazgich membrana bilan ajratilgan bo'lsa, erituvchi molekulari eritmaga

o'ta boshlaydi. Bu jarayon erituvchi va eritmaga tushirilgan kapillyarlardagi suyuqlik balandliklari muvozanatga kelguncha davom etadi.

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

h_1 – erituvchiga tushirilgan kapillyardagi suyuqlik balandligi;

h_2 – eritmaga tushirilgan kapillyardagi suyuqlik balandligi.

Past molekulyar birikmalar suyultirilgan eritmalarining osmotik bosimi Vant – Goff qonuni bo'yicha aniqlanadi.

$$\pi = \frac{C}{M} RT$$

π – osmotik bosim, Pa;

C – eritma konsentratsiya, kg/m^3 ;

M – erigan modda molyar massasi;

R – universal gaz doimiysi;

T – absolyut harorat.

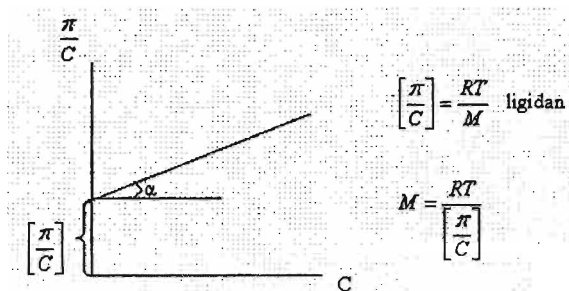
Polimer eritmalarida Vant – Goff qonunidan chetlanish kuzatiladi. Osmotik bosim va konsentratsiya orasida bog'lanish chiziqli emas. Bu polimer katta molekulasi shaklining egiluvchanligi tufayli asimmetriyasi bilan tushuntiriladi. Bu eritmalar uchun Geller Vant – Goff formulasiga tuzatish (b) kiritdi:

$$\pi = \frac{CRT}{M} + bc^2 \text{ yoki } \frac{\pi}{C} = \frac{RT}{M} + bc$$

$\frac{\pi}{C}$ – kattalik keltirilgan osmotik bosim deyiladi:

$\frac{\pi}{C} = f(C)$ bog'lanish koordinatalar sistemasida to'g'ri chiziqni beradi

To'g'ri chiziqning ordinata o'qidan kesib o'tgan kesmasi $\left[\frac{\pi}{C} \right]$ ni beradi.



b tuzatish α burchak tangensiga teng: $b = tg\alpha$

Tajribada osmometr yordamida polimerning har xil konsentratsiyali eritmalar uchun $\Delta h = h_1 - h_2$ o'lchanadi.

Δh ni osmotik bosimga o'tkazish uchun o'tish koeffitsientiga $9,8 \cdot 10^3$ ko'paytiriladi.

$9,806 \cdot 10^3$ Pa – 1m balandlikdagi suv ustunining bosimi.

Osmotik bosimni o'lchashning aniqligi membrana tanlashga bog'liq. Membrana makromolekulalarni o'tkazmasligi va suyuqlikning o'tishiga qarshiligi juda katta bo'lmasligi kerak. Erituvchi toza bo'lishi kerak. O'lchashlar $3 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^5$ molekulyar massalar uchun aniq natija beradi.

Yorug'likni tarqalishi usuli. Yorug'likni tarqalishi orqali molekulyar massani aniqlash usuli o'rtacha molekulyar massasi $1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^7$ oralig'idagi molekulyar massalarni aniqlashda yaxshi natija beradi.

Nefelometr asbobi ishlatiladigan Debay usuli keng qo'llaniladi. Debay tenglamasi:

$$\frac{H \cdot C}{\tau} = \frac{1}{M} + bc.$$

H – erituvchining sindirish ko'rsatkichi (n) ni, konsentratsiya o'zgarishi bilan sindirish ko'rsatkichi o'zgarishi $\left(\frac{dn}{dc}\right)$ ni, tushayotgan nur to'lqin uzunligi λ^4 ,

$2\pi^2$ va N doimiy sonlarini o'z ichiga olgan umumlashgan doimiylik;

C – eritma konsentratsiyasi, kmol/m^3 ;

M – molekulyar massa;

τ – eritma xiraligi.

Har xil konsentratsiyali eritmalarning xiraligini nefelometr yordamida o'lchab, sindirish ko'rsatkichini refraktometrda o'lchab H doimiylikni hisoblanadi

va $\frac{H \cdot C}{\tau} = f(c)$ grafigi chiziladi. To'g'ri chiziqning ordinata o'qida kesib o'tgan

kesmasi $\frac{1}{M}$ ni beradi. Undan M ni topish mumkin.

Markazdan qochuvchi maydonda sedimentatsiya usuli. Bu usul sferik zarrachalarni markazdan qochuvchi maydonda cho'kish tezligini o'lchashda asoslangan. Quyidagi tenglamadan foydalaniladi.

$$6\pi\eta r \frac{dx}{d\tau} = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \rho_0)\omega^2 x$$

x – zarrachalarning aylanish o'qidan uzoqligi;

ω – burchak tezligi.

O'zgaruvchi x larni bir tomonga o'tkazib x_1 dan x_2 gacha integrallansa

$$\ln \frac{x_2}{x_1} = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)\omega^2\tau}{9\eta} \quad \text{formula kelib chiqadi}$$

$$\frac{\ln \frac{x_2}{x_1}}{\omega^2\tau} = S \quad \text{deb olsak, } S = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)}{9\eta} \quad \text{bo'ladi}$$

S – sedimentatsiya konstantasi.

Sedimentatsiya konstantasi S molekulyar massa (M) bilan quyidagi tenglama bo'yicha bog'langanligi aniqlangan: $S = K \cdot M^b$

K va b empirik doimiyliklar.

Bir qator hollarda sedimentatsiya konstantasi konsentratsiyaga to'g'ri chiziqli bog'liqligi kuzatilgan. Shu sababli ultratsentrifuga yordamida sedimentatsiya konstantasining bir nechta qiymatlari olinib moddaning molekulyar

massasini hisoblash mumkin. Buning uchun koordinatalarda $\frac{1}{S} = f(c)$ grafigi

chizilib, ordinata o'qi bilan kesishguncha davom ettiriladi va $\frac{1}{S_0}$ qiymati topiladi.

$$\lg S_0 = \lg K + b \lg M \quad \text{dan} \quad \lg M = \frac{\lg S_0 - \lg K}{b}$$

$\lg M$ dan molekulyar massa aniqlanadi.

Masala yechish namunalari.

1-masala. Kapillyardan oqib o'tayotgan suyuqlik hajmi $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ kapillyar uzunligi 0,2 m. Qovushqoqligi $10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^3$ bo'lgan suyuqlik o'z og'irligi ta'sirida oqib tushadi. Suyuqlik ustunining balandligi 0,27 m, zichligi 10^3 kg/m^3 bo'lsa, suyuqlik oqib o'tgan kapillyar radiusini hisoblang.

Yechish: Puazeyl tenglamasidan foydalanamiz:

$$V = \frac{\pi r^4}{8\eta l} \cdot \Delta P \tau \quad \text{dan} \quad r = \sqrt[4]{\frac{8\eta l \cdot V}{\pi \cdot \Delta P}}$$

Suyuqlik ustunining bosimini $P = h \cdot \rho \cdot g$ bo'yicha hisoblaymiz:

$$P = 0,27 \cdot 10^3 \cdot 9,8 = 2,65 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$r = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2}{3,14 \cdot 2,65 \cdot 10^3} \cdot 10^{-5}} = 1,1178 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$r = 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

2-masala. Perxlorvinil smolasining siklogeksandagi eritmalarining qovushqoqligini viskozimetrik usulda o'lchanganda quyidagi natijalar olindi:

C, kg/m ³	2,0	4,0	6,0	8,0	10
η_{sol}	0,204	0,433	0,678	0,960	1,24

Doimiyliklar: $K = 6,3 \cdot 10^{-5}$; $\alpha = 0,67$.

Perxlorvinilning molekulyar massasini hisoblang.

Yechish: Har bir konsentratsiyali eritma uchun keltirilgan qovushqoqlik

$\frac{\eta_{\text{sol}}}{C}$ qiymatlarini hisoblaymiz

$$\frac{\eta_{\text{sol}}}{C} = \frac{0,204}{2} = 0,102;$$

$$\frac{\eta_{\text{sol}}}{C} = \frac{0,433}{4} = 0,108;$$

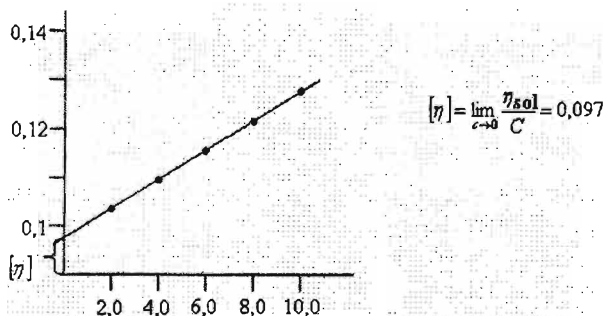
$$\frac{\eta_{sol}}{C} = \frac{0,678}{6} = 0,113;$$

$$\frac{\eta_{sol}}{C} = \frac{0,960}{8} = 0,120;$$

$$\frac{\eta_{sol}}{C} = \frac{1,24}{10} = 0,124;$$

$\frac{\eta_{sol}}{C} = f(c)$ koordinatalarida grafik chizamiz. To'g'ri chiziqni

ekstrapolyatsiya qilib, ordinata o'qida kesib o'tgan kesmani belgilab olamiz.



$\lg M = \frac{\lg[\eta] - \lg K}{\alpha}$ formuladan molekulyar massani topamiz

$$\lg M = \frac{\lg 0,097 - \lg 6,3 \cdot 10^{-5}}{0,067} = 4,7575$$

$$M = 57214.$$

3-masala. Polivinilxloridning siklogeksandagi eritmasi uchun $T=258$ K da osmometriya usulida quyidagi natijalar olindi:

$C, \text{kg/m}^3$	4,0	6,0	10,0	14,0	18,0
$\Delta h \cdot 10^{-2} \text{ m}$	0,71	1,10	1,97	2,98	4,04

Polivinil xloridning molekulyar massasi hisoblansin.

Yechish: Δh dan π ga o'tish koeffitsienti $9,8 \cdot 10^3$ ni hisobga olgan holda

har bir konsentratsiya uchun $\frac{\pi}{C}$ ni hisoblaymiz.

$$1) \frac{\pi}{C} = \frac{0,71 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8 \cdot 10^3}{4,0} = 17,395 \text{ m}^2;$$

$$2) \frac{\pi}{C} = \frac{1,1 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8 \cdot 10^3}{6,0} = 17,97 \text{ m}^2;$$

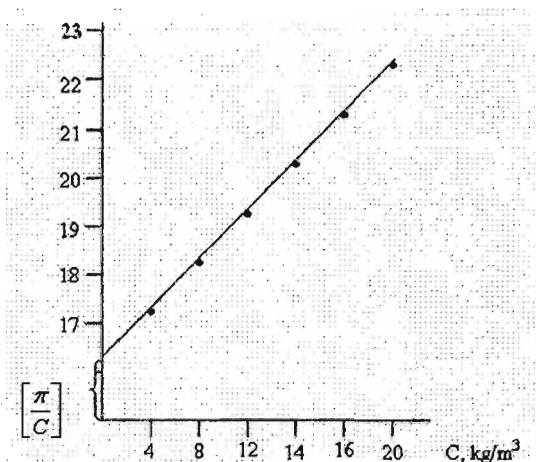
$$3) \frac{\pi}{C} = \frac{1,97 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8 \cdot 10^3}{10} = 19,31 \text{ m}^2;$$

$$4) \frac{\pi}{C} = \frac{2,98 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8 \cdot 10^3}{14} = 20,86 \text{ m}^2;$$

$$5) \frac{\pi}{C} = \frac{4,04 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8 \cdot 10^3}{18} = 21,99 \text{ m}^2$$

$\frac{\pi}{C}$ ning konsentratsiya (C) ga bog'liqlik grafigini chizamiz. To'g'ri chiziq ordinata

o'qida kesib o'tgan kesma $\left[\frac{\pi}{C}\right]$ ga teng.



$$\left[\frac{\pi}{C}\right] = 16,1$$

$$\left[\frac{\pi}{C}\right] = \frac{RT}{M} \text{ ligidan}$$

$$M = \frac{RT}{\left[\frac{\pi}{C}\right]}$$

$$M = \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 298}{16,1} = 153812.$$

$$M = 153812.$$

4-masala. Polistirolning toluoldagi critmasining yorug'likni tarqatishini o'lchash orqali molekulyar massasini aniqlashda olingan tajriba natijalari:

Eritma konsentratsiyasi C, kg/m ³	1,11	1,45	1,88	2,43	2,87
Eritma xiraligi $\tau \cdot 10^{-8}$, m ⁻¹	3,68	4,47	5,55	6,50	7,13

Doimiylik $H=0,117 \cdot 10^{-12}$.

Polistirolning molekulyar massasini aniqlang.

Yechish: Har bir critma uchun $\frac{H \cdot C}{\tau}$ ni hisoblaymiz.

$$1) \frac{H \cdot C}{\tau} = \frac{0,117 \cdot 10^{-12} \cdot 1,11}{3,68 \cdot 10^{-8}} = 3,529 \cdot 10^{-6};$$

$$2) \frac{H \cdot C}{\tau} = \frac{0,117 \cdot 10^{-12} \cdot 1,45}{4,47 \cdot 10^{-8}} = 3,795 \cdot 10^{-6};$$

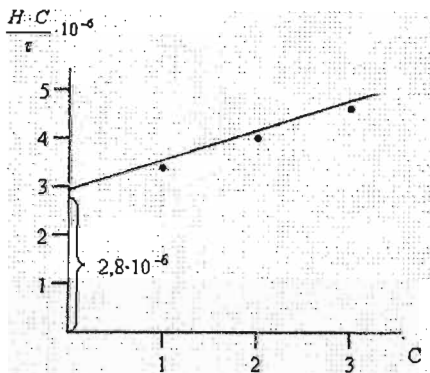
$$3) \frac{H \cdot C}{\tau} = \frac{0,117 \cdot 10^{-12} \cdot 1,88}{5,55 \cdot 10^{-8}} = 3,963 \cdot 10^{-6};$$

$$4) \frac{H \cdot C}{\tau} = \frac{0,117 \cdot 10^{-12} \cdot 2,43}{6,50 \cdot 10^{-8}} = 4,374 \cdot 10^{-6};$$

$$5) \frac{H \cdot C}{\tau} = \frac{0,117 \cdot 10^{-12} \cdot 2,87}{7,13 \cdot 10^{-8}} = 4,710 \cdot 10^{-6}.$$

$\frac{H \cdot C}{\tau}$ ning konsentratsiya (C) ga bog'liqlik grafisini chizamiz. Undan $2,8 \cdot 10^{-6}$

ga teng kesmani olamiz.



$$2,8 \cdot 10^{-4} = \frac{1}{M} \text{ Demak, } M = 3,57 \cdot 10^5.$$

Polistirolning toluoldagi molekulyar massasi 357000 ga teng.

5-masala. Ultratsentrifugalash usulida olingan natijalarga asoslanib poliamidning m-krezoldagi molekulyar massasini aniqlang.

Konsentratsiya C, kg/m ³	0,65	1,11	1,85	2,05	3,12	4,12
Sedimentatsiya doimiyliigi, S	0,526	0,444	0,426	0,376	0,325	0,283

Doimiyliklar: $K=8,7 \cdot 10^{-3}$, $b=0,45$.

Yechish: $\frac{1}{S}$ qiymatlarini hisoblaymiz

$$1) \frac{1}{S} = \frac{1}{0,526} = 1,90;$$

$$2) \frac{1}{S} = \frac{1}{0,444} = 2,25;$$

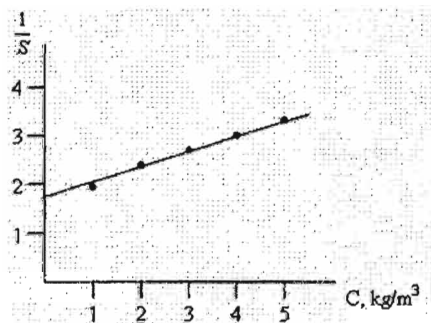
$$3) \frac{1}{S} = \frac{1}{0,426} = 2,35;$$

$$4) \frac{1}{S} = \frac{1}{0,376} = 2,66;$$

$$5) \frac{1}{S} = \frac{1}{0,325} = 3,08;$$

$$6) \frac{1}{S} = \frac{1}{0,283} = 3,53.$$

$\frac{1}{S}$ ni konsentratsiya (C) ga bog'liqlik grafigini chizamiz.



To'g'ri chiziq ordinata o'qida kesib o'tgan kesma $1,7 = \frac{1}{S_0}$ $S_0=0,588$.

Molekulyar massani $\lg M = \frac{\lg S_0 - \lg K}{b}$ bo'yicha hisoblaymiz.

$$\lg M = \frac{\lg 0,588 - \lg 8,7 \cdot 10^{-3}}{0,45} = 4,066.$$

$$M = 11641.$$

Mustaqil yechish uchun masalalar.

1. Uzunligi $l=6 \cdot 10^{-2}$ m, radiusi $r=1 \cdot 10^{-3}$ m bo'lgan kapillyardan glitserin

$P=200$ Pa bosim ostida $\frac{V}{\tau} = 14 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3 / \text{s}$ tezlikda oqib tushadi.

Glitserinning qovushqoqligini hisoblang.

2. Qovushqoqligi $\eta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ bo'lgan suyuqlik $P=980$ Pa bosim ostida uzunligi $l=5 \cdot 10^{-2}$ m, radius $r=25 \cdot 10^{-5}$ m bo'lgan kapillyardan oqib tushdi.

Suyuqlikning oqish tezligini hisoblang.

3. Quyida berilganlardan foydalanib molekulyar massalarni hisoblang:

a) polivinilspirtning suvdagi eritmasi uchun $[\eta]=0,15$ $K=4,53 \cdot 10^{-5}$ $\alpha=0,74$.

b) polistirolning toluoldagi eritmasi uchun $[\eta]=0,105$ $K=1,7 \cdot 10^{-5}$ $\alpha=0,69$.

v) nitrotsellyulozaning atsetondagi eritmasi uchun $[\eta]=0,204$ $K=0,89 \cdot 10^{-5}$ $\alpha=0,9$.

4. Viskozimetrik usulda olingan natijalar asosida polistirolning toluoldagi molekulyar massasini aniqlang. $K=1,7 \cdot 10^{-5}$ $\alpha=0,69$.

Konsentratsiya $C, \text{ kg/m}^3$	0	1,7	2,12	2,52	2,95	3,40
Oqib o'tish vaqtir, c	97,6	115,1	120,2	124,5	129,8	134,9

5. Polimetilmetakrilatning benzoldagi eritmalarining keltirilgan qovushqoqliklari qiymatlari:

Konsentratsiya $C, \text{ kg/m}^3$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Keltirilgan $\frac{\eta_{\text{sol}}}{C}$ qovushqoqlik	0,408	0,416	0,430	0,434	0,442	0,452

bo'lsa, uning molekulyar massasini aniqlang. $K=4,7 \cdot 10^{-5}$ $\alpha=0,77$.

6. Tabiiy kauchukni benzolda eritganda uning xarakteristik qovushqoqligi $[\eta] = 0,126$ ga teng bo'ldi. Doimiyliklar $K = 5 \cdot 10^{-5}$, $\alpha = 0,67$ bo'lsa, kauchukning molekulyar massasini hisoblang.

7. Viskozimetrik usulda olingan natijalar asosida etiltellyuzaninig anilindagi molekulyar massasini hisoblang.

Konsentratsiya $C, \text{kg/m}^3$	1,0	1,75	2,5	3,25	4
Solishtirma qovushqoqlik η_{sol}	0,240	0,525	0,875	1,35	1,84

$$K = 6,9 \cdot 10^{-5}, \quad \alpha = 0,72.$$

8. 293K osmometriya usulida olingan natijalar bo'yicha polistirolning toluoldagi eritmasi uchun molekulyar massani aniqlang.

Konsentratsiya $C, \text{kg/m}^3$	2,91	4,9	7,82	9,69	12,0
Balandliklar farqi, $\Delta h \cdot 10^{-2} \text{M}$	0,95	1,67	2,78	3,51	4,50

9. 298K osmometriya usulida olingan natijalar asosida polistirolning benzoldagi eritmasi uchun molekulyar massani hisoblang.

Konsentratsiya $C, \text{kg/m}^3$	1,0	3,0	5,0	7,0	10
Balandliklar farqi, $\Delta h \cdot 10^{-2} \text{M}$	0,32	0,99	1,70	2,46	3,70

10. Yorug'likni tarqatish usulida polivinilxloridning siklogeksandagi eritmasi uchun quyidagi natijalar olindi:

Konsentratsiya $C, \text{kg/m}^3$	1,69	2,12	2,66	3,26	3,75
Eritma xiraligi, $\tau \cdot 10^{-8}, \text{m}^{-1}$	8,54	10,25	12,67	14,80	16,75

$$H = 6,0 \cdot 10^{-13}.$$

Molekulyar massani hisoblang.

11. Ultratsentrifugalash usulida olingan natijalar asosida poliamidning metanoldagi eritmasi uchun molekulyar massani hisoblang. Cheksiz suyultirishdagi sedimentatsiya doimiysi $S_0=1,95$, $K=1,86 \cdot 10^{-2}$, $b=0,47$.

12. Molekulyar massani ultratsentrifuga usulida aniqlashda poliamidning m-krezoldagi eritmasi uchun quyidagi natijalar olindi: cheksiz suyultirishdagi sedimentatsiya doimiysi $S_0=0,77$, $K=8,7 \cdot 10^{-3}$, $b=0,45$.

Molekulyar massani hisoblang. $Mn^{3*} + e^- Mn^{2*}$

13. Polikapronamidning m-krezoldagi eritmalari ultratsentrifugalaganda olingan tajriba natijalari:

Konsentratsiya $C, \text{kg/m}^3$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
Sedimentatsiya doimiyligi, S_0	0,670	0,556	0,476	0,446	0,409	0,333

$K=8,7 \cdot 10^{-3}$, $b=0,45$ bo'lsa, polikapronamidning molekulyar massasini hisoblang.

FIZIK VA KOLLOID KIMYO FANI BO'YICHA AYRIM ATAMALAR ISHONCHLI LUG'ATI

Kimyo- modadalarining tarkibi, tuzilishi, xossasi, o'zgarishi va ular bilan bog'liqlik haqidagi fan.

Termodinamik sistema – yetarlicha ko'p miqdordagi molekularlar (struktura birliklari)dan tashkil topgan tabiatning istalgan ob'ekti bo'lgan va tabiatning boshqa ob'ektlaridan haqiqiy yoki faraz qilingan sathlar chegarasi (chegaralar) bilan ajratilgan istalgan ob'ektga aytiladi.

Izolirlangan sistema – muhit bilan na modda, na energiya ($\Delta m=0$, $\Delta E=0$) almashmaydigan sistemadir.

Yopiq sistema – muhit bilan modda almashmaydigan, biroq energiya almashishi mumkin bo'lgan sistema ($\Delta m=0$, $\Delta E=0$).

Ochiq sistema – muhit bilan ham modda, ham energiya almashishi mumkin bo'lgan sistema ($\Delta m \neq 0, \Delta E \neq 0$).

Holat – sistema xossalari majmuasi bo'lib, sistemani termodinamik nuqtai nazardan aniqlashga imkon beradi.

Muvozanat holat – ko'p vaqt sistemaning barcha xossalari doimiy bo'lib, unda modda va energiya oqimi bo'lmaydi.

Statsionar holat - vaqt maboytida sistemaning xossasi o'zgarmaydi, lekin modda va energiya oqimi bo'ladi.

Jarayon (protsess) – sistemaning bir holatdan boshqasiga o'tishi.

Entalpiya – holat funksiyasi bo'lib, uning o'zgarishi (ΔH), izobar jarayondagi sistema tomonidan olingan issiqlikka (Q_p) teng.

Ichki energiya – holat funksiyasi bo'lib, uning o'zgarishi (ΔU), izoxor jarayondagi sistema tomonidan olingan issiqlikka teng (Q_v).

Ekzotermik reaksiya – reaksiya natijasida sistemaning entalpiyasi kamaysa ($\Delta H < 0$) va tashqi muhitda issiqlik chiqadi.

Endotermik reaksiya - reaksiya natijasida sistemaning entalpiyasi ortadi ($\Delta H > 0$) va sistema tashqaridan issiqlik (Q_p) yutadi.

Termokimyoviy reaksiya – issiqlik effekti ko'rsatib yoziladigan tenglama.

O'z o'zidan sodir bo'ladigan jarayon - sistema o'z-o'ziga qo'yib qo'yilganda hech qanday ta'sirsiz sodir bo'ladigan jarayon.

Termodinamik qaytar jarayon – boshlang'ich holatdan (1) oxirgi holatga (2) o'tishda barcha oraliq holatlar muvozanatda bo'ladi.

Termodinamik qaytmas jarayon – boshlang'ich holatdan (1) oxirgi holatga (2) o'tishda loaqal birgina oraliq holat muvozanatda bo'lmaydi.

Entropiya – holat funksiyasi bo'lib uning o'zgarishi (ΔS) qaytar izotermik jarayonda sistemaga berilgan issiqlikni (Q) jarayon sodir bo'layotgandagi absolyut haroratga bo'linganiga teng ($\Delta S = Q/T$). Entropiya – sistemaning berilgan holatdagi ehtimolligining yoki tartibsizligining me'zoni.

Yo'nalishi qaytar reaksiya – berilgan tashqi sharoitda o'z-o'zidan ham to'g'ri ham teskari yo'nalishda sodir bo'ladigan reaksiya.

Kimyoviy potentsial – berilgan sharoitda 1 mol moddaga to'g'ri keladigan Gibbs energiyasi.

Eritma – ikki yoki ko'p moddadan iborat o'zgaruvchan tarkibli – muvozanat holatdagi gomogen sistema.

Eritma komponentlari – eritmani tashkil etuvchi moddalar.

Elektrolitlar eritmasi – ionlarga dissotsialanuvchi tuzlar, kislotalar va asoslar eritmasi.

Noelektrolitlar eritmasi – suvda qariyb dissotsiatsiyaga uchramaydigan moddalar eritmasi.

Amfolitlar eritmasi – ham kislotali ham asosli dissotsialanadigan moddalar eritmasi.

Polielektrolitlar eritmasi – tarkibiga ionlanishga qobiliyatli ko'p miqdorda funksional guruhlar saqlovchi yuqori molekulyar birikmalar eritmasi.

Erish issiqligi – 1 mol moddani erishi natijasida ajralgan yoki yutilgan issiqlik.

Gomogen reaksiya – reaksiyaga kirishuvchi moddalar bitta fazada bo'lgan reaksiya.

Geterogen reaksiya – reaksiyaga kirishuvchi moddalar turli fazada bo'lgan reaksiya.

Oddiy reaksiya – reaksiya mahsuloti reagentlar molekullari (zarrachalari) bevosita ta'sirlanishi natijasida hosil bo'ladigan reaksiya.

Murakkab reaksiya – oxirgi mahsulot ikki va undan ortiq oddiy reaksiyalar (elementar aktlar) natijasida oraliq mahsulotlar hosil qilib kechadigan reaksiyalar.

Murakkab reaksiyalar kinetik mexanizmi – ushbu reaksiya sodir bo'lishidagi barcha bosqichlar jamlamasi.

Kimyoviy reaksiya tezligi – vaqt birligida kimyoviy o'zgarishlar tezligining miqdoriy me'zoni.

Konkurent reaksiyalar – bitta modda bir vaqtning o'zida bir yoki bir nechta reagentlar bilan ta'sirlashib, bir vaqtda sodir bo'ladigan reaksiyalarda ishtirok etadigan murakkab reaksiya.

Tutash reaksiyalar – shunday ikkita reaksiyaki, ularning bittasi sistemada ikkinchisini sodir bo'lishini ta'minlaydi, birinchi reaksiya bo'lmasa ikkinchisi ketmaydi.

Fotokimyoviy reaksiya – yorug'lik nuri ta'sirida sodir bo'ladigan murakkab reaksiya.

Kataliz – kimyoviy reaksiya tezligini katalizator ta'sirida kerakli tomonga o'zgartirish.

Katalizator – reaksiyada ishtirok etib uning tezligini o'zgartiruvchi, lekin o'zining miqdori va tarkibini o'zgartirmaydigan moddalar.

Ijoby kataliz – katalizator ishtirokida reaksiya tezligini oshirish.

Salbiy kataliz – reaksiya tezligini pasaytiruvchi jarayon.

Avtokataliz – tezligi reaksiya mahsuloti ta'sirida o'zgaradigan reaksiyalar.

Geterogen kataliz – reaksiyaga kirishuvchi moddalar va katalizator turli fazada bo'ladigan reaksiya.

Gomogen kataliz – reaksiyaga kirishuvchi moddalar va katalizator bitta fazada bo'ladigan reaksiyalar.

Sathdagi hodisalar – fazalar chegarasida sodir bo'ladigan va sath qatdami (chegara) tarkibi va tuzilishiga bog'liq bo'lgan jarayonlar.

Solishtirma sath – fazalar chegarasi maydoni yig'indisining uning hajmiga bo'lgan nisbati bilan o'lchanadigan qiymat.

Sirt taranglik – sath qatlami birligiga to'g'ri keluvchi Gibbs energiyasining qiymati.

Sirt faol (aktiv)lik – erigan moddaning erituvchi sirt tarangligini o'zgartirish qobiliyati.

Difil molekula – ham gidrofob ham gidrofil (polyar) guruh saqlagan molekula.

Dyuklo-Traube qonuni – bir xil gomologik qatordagi moddaning sirt faolligi uglevodorod zanjirining bitta metilen guruhiga (CH_2) ortishi bilan tahminan uch marta ortishini tushuntiradi.

Adsorbtsiya – erigan modda konsentratsiyasini fazalar chegarasida o'z-o'zidan o'zgarishi.

Adsorbtsiya izotermasi – doimiy haroratda adsorbtsion erigan moddaning muvozanatdagi konsentratsiyasiga bog'liqligini ifodalovchi grafik.

Adsorbent – sathida adsorbtsiya sodir bo'ladigan qattiq jism.

Adsorbktiv yoki adsorbat – adsorbent sathiga adsorbtsiyalanadigan modda.

Absorbtsiya – moddaning adsorbentning butun masasiga shimilishi.

Kapilyar kondensatsiya – yutilyotgan gaz yoki bug'ning adsorbentning tor g'ovaklarida suyuq holatga o'tishi.

Sorbtsiya – adsorbtsiya, absorptsiya va kapilyar kondensatsiyalar kabi oddiy jarayonlarning jamlamasi bilan bog'liq murakkab fizik kimyoviy jarayon.

Sorbent – yutuvchi modda.

Sorbktiv yoki sorbat – yutiladigan modda.

Xemosorbtsiya – sorbktivni yutilishi sorbent bilan kimyoviy ta'sirlanish orqali sodir bo'ladigan jarayon.

Ekvivalent adsorbtsiya - kation va anionni adsorbent sathida ekvivalent miqdorda adsorbtsiyalanishi.

Xromatografiya - sorbtsiya va desorbtsiya jarayonlarini ko'p marta qaytarilish jarayoniga asoslangan dinamik tahlil usuli.

Adsorbtsion xromatografiya - bo'linuvchi moddaning adsorbtsion hossasini turlicha bo'lishiga asoslangan xromatografiya.

Taqsimlanish xromatografiyasi - qo'zg'almas fazadagi modda konsentratsiyasini (suyuqligini) harakatchan fazadagi modda konsentratsiyasini (gaz yoki suyuqlik)ga bo'lgan nisbati - taqsimlanish koefitsentining turlicha bo'lishiga asoslangan xromatografiya.

Elektrokimyo - elektr maydonini modda bilan ta'sirlanishi va kimyoviy reaksiyalardagi elektr hodisalari bilan bog'liq kimyoviy qonuniyatlarni o'rganuvchi kimyoning bo'limi.

Elektr o'tkazuvchanlik - moddaning elektr tokini o'tkazish qobiliyatini ifodalovchi qiymat.

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik - solishtirma qarshilikka teskari bo'lgan qiymat ($\chi=1/p$)

Molyar elektr o'tkazuvchanlik - bir-birdan 1 m uzoqlikda turgan 2 ta elektrod orasiga tushirilgan bir mol modda saqlovchi eritma hajmining elektr o'tkazuvchanligi.

Kolraush qonuni – cheksiz suyultirishdagi elektr o'tkazuvchanlik (λ) shu elektrolit tarkibiga kiruvchi anion va kation harakatchanliklarining yig'indisiga teng.

Konduktometriya - turli sistemalarning elektr o'tkazuvchanligiga asoslanib aniqlanadigan fizik - kimyoviy tahlil usuli.

Elektrod yoki oksidlanish - qaytarilish potentsiali – metall uning tuzi eritma chegarasida vujudga keladigan potentsiallar farqi.

Standart vodorod elektrodi - vodorod gazining bosimi 101 kPa, eritmada vodorod ionlarining faolligi 1 ga teng bo'lgan elektrodga aytiladi.

Kuchlanish qatori - elektrod potentsiallarining pasayishi (ortishi) bo'yicha joylashtirilgan metallar ketma-ketligi.

Kontsentratsion galvanik elementlar - ikkita bir xil elektrodlardan tashkil topgan, bir-biridan faqat potentsial aniqlovchi reaksiyada ishtirok etuvchi moddalar faolligi bilan farqlanadigan elektrokimyoviy zanjir.

Oksidlanish - qaytarilish sistemasi - bitta yoki bir nechta moddaning oksidlangan va qaytarilgan shaklini saqlovchi elektrokimyoviy sistema.

Oksidlanish-qaytarilish yoki redoks elektrodi - (lotincha reduction – qaytarilish, oxidation – oksidlanish) inert metall oksidlanish -qaytarilish sistemasiga tushilganda hosil bo'ladigan elektrod.

Oksidlanish - qaytarilish yoki redoks potentsiali – oksidlanish-qaytarilish yoki redoks elektrodida vujudga keladigan potentsial.

Standart oksidlanish - qaytarilish potentsiali - oksidlangan va qaytarilgan shakllar teng bo'lgan eritmaga tushirilgan inert metall eritma chegarasida hosil bo'ladigan potentsial.

Potentsiometriya - indikator va taqqoslash elektrodlaridan tashkil topgan galvanik zanjirining elektr yurituvchi kuchini o'lchashga asoslangan fizik - kimyoviy usullar majmuasi.

Termodinamika - energiya va uning o'zgarishlari haqidagi fan.

Issiqlik sig'imi - jismning haroratini 1°C ga ko'tarish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori.

Solishtirma issiqlik sig'imi - moddaning 1 g massasiga to'g'ri keladigan issiqlik sig'imi.

Energiya - ish bajarish yoki issiqlik o'tkazishga bo'lgan qobiliyat.

Bufer eritmalar - oz miqdorda kuchli kislota yoki asos qo'shilganda o'zining pH qiymatini o'zgartirmay turadigan suvli eritmalar.

Adgeziya: (yopishib, tortilish, birlashib) - turli jinsli kondensirlangan jismlarni molekulyar kontakti natijasida o'zaro bog'lanishi.

Aerozollar - gaz (havo) dispers muhitda osilgan qattiq yoki suyuq dispers fazalar zarrachalaridan iborat dispers sistema.

Oqsillar - makromolekulasida o'zaro peptid bog'lari bilan bog'langan yuqori molekulyar birikalar va polielektrolitlardir.

Broun harakati - suyuqliklar va gazlarda yuqori dispersli zarrachalarni dispers muhit molekulari ta'sirida uzluksiz xaotik har tomonlama harakatlanishi.

Yuqori molekulyar birikmalar (YuMB) - o'lchami yuqori dispers sistemaga to'g'ri keluvchi makromolekulalardan tashkil topgan, massasi bir necha mingdan millionlargacha o'zgaradigan moddalar.

Tuzlash - elektrolitlar ta'sirida YuMB, jumladan oqsillar makromolekulasining solvat (gidrat) qobig'ini buzilishi natijasida ular eruvchanligining yo'qolishi va cho'kmaga tushishi.

Qovushqoqlik - oquvchan jismlar (suyuqlik, gaz) ning bir xil zarrachalarini boshqasiga nisbatan harakatlanishiga bo'lgan qarshilik.

Gellar - suyuq dispers muhitga ega bo'lgan strukturalangan yuqori dispersli (fazoviy dursimon) sistema bo'lib, dispers fazaning qattiq zarrachalaridan yoki qayishqoq makromolekularidan tashkil topadi va sinchsimon struktura orasida albatta suyuqlik mavjud bo'ladi.

Gidrofob ta'sirlanish - suvli muhitda murakkab molekularning qutblanmagan zarrachalari, molekulari yoki radikallarini ta'sirlanishini vujudga kelishi.

Gidrofil-lipofil balans (GLB) - suv-moy chegarasida gidrofil va lipofil ta'sirlanish balansi.

Qo'sh elektr qavat - qattiq jism -suyuqlik chegarasida sodir bo'ladi va qattiq sathdagi biror- bir potentsial hosil qiluvchi qatlam zaryadi va unga qarama - qarshi bo'lgan suyuqlikdagi qarama - qarshi zaryadli ionlardan tashkil topadi.

Desorbtsiya - adsorbtsiyaga teskari jarayon.

Dzeta potentsial - qo'sh elektr qatlamining diffuziya qismidagi sirg'alanuvchi chegaralaridagi potentsial bo'lib, dispers fazani dispers muhitga nisbatan surilishini ifodalaydi.

Dializ - membrana orqali past molekulyar moddalarni o'z-o'zidan o'tish jarayoni. Kolloid va YuMB eritmasini tozalashda ishlatiladi: **ultrafiltratsiya** - ushbu jarayon bosim ostida amalga oshiriladi.

Disperslash - butun va yirik o'lchamli jismlardan dispers faza zarrachalarini olish.

Dispers tahlil - dispers faza o'lchami, shakli va zarracha konsentratsiyasini aniqlash.

Dispers sistemalar - kamida ikkita dispers fazadan tashkil topgan geterogen sistema bo'lib, ulardan biri dispers faza maydalangan, boshqasi dispers muhit sistemaning uzluksiz maydalanmagan qismi bo'ladi.

Disperslik - dispers faza zarracha o'lchamiga teskari qiymat.

Diffuziya - katta konsentratsiyali eritmadan kichik konsentratsiyali eritma tomonga moddalar (ionlar, molekularlar, dispers sistema zarrachalari) ni o'tish jarayoni.

I -jadval.

298 K dagi anorganik birikmalarning termodinamik xossalari

Modda, holati	ΔH_f° , kJ/mol	S° , J/(mol K)	ΔG_f° , kJ/mol
Ag (q)	0	42,5	0
Ag ⁺ (suvli)	106	73	77
AgCl (q)	-127	96,1	-109,7
AgBr (q)	-100	107	-97
AgNO ₃ (q)	-123	141	-32,2
Ag ₂ O (q)	-30,6	122	-10,8
Al (q)	0	28,3	0
Al ³⁺ (suvli)	-525	-313	-481
Al ₂ O ₃ korund	-1670	51	-1576
Al ₂ O ₃ ·H ₂ O (q)	-2568	140	-2292
B ₂ O ₃ (q)	-1264	54	-1184
H ₃ BO ₃ (q)	-1089	89,6	-963
H ₃ BO ₃ (suvli)	-1068	160	-963
Ba ²⁺ (suvli)	-538	12,6	-561
BaCl ₂ (q)	-860	126	-811
BaCl ₂ ·2H ₂ O (q)	-1462	203	-1296
BaO (q)	-554	70	-525
BaSO ₄ (q)	-1465	132	-1353
Br ₂ (s)	0	152	0
Br ₂ (g)	30,7	245	3,1
HBr (g)	-36,4	199	-53,5
C grafit	0	57	0
C olmos	1,9	24	2,9
CO (g)	-111	198	-137
CO ₂ (g)	-393,5	214	-394,4
CO ₂ (suvli)	-413	121	-386
H ₂ CO ₃ (suvli)	-700	187	-623
HCO ₃ ⁻ (suvli)	-691	95	-587
CO ₃ ²⁻ (suvli)	-676	-53	-528
CCl ₄ (s)	-135	216	-65
CS ₂ (s)	90	151	65
HCN (g)	135	202	125
HCN (s)	135	202	125
CN ⁻ (suvli)	151	94	172
Ca ²⁺ (suvli)	-543	-55	-553
CaO (q)	-636	40	-603
Ca(OH) ₂ (q)	-987	76	-897
CaSO ₄ (q)	-1432	107	-1320

Modda, holati	ΔH_f° , kJ/mol	S° , J/(mol K)	ΔG_f° , kJ/mol
CaSO ₄ ·2H ₂ O	-1762	194	-1565
CaF ₂ (q)	-1220	69	-1167
CaCl ₂ (q)	-795	114	-750
CaCl ₂ (suvli)	-878	55	-815
CaCl ₂ ·6H ₂ O (q)	-2607		
CaBr ₂ (q)	-683	130	-664
CaCO ₃ (q)	-1207	93	-1129
Cl ₂ (g)	0	223	0
Cl ₂ O (g)	76	266	94
HCl (g)	-92,3	186,7	-95,3
HCl (suvli)	-167	55	-131
CrO ₄ ²⁻ (suvli)	-863	38,5	-706
Cr ₂ O ₇ ²⁻ (suvli)	-1461	214	-1257
Cu (q)	0	33	0
Cu ⁺ (suvli)	71,7	41	50
Cu ²⁺ (suvli)	64,4	99	65
CuCl (q)	-136	84,5	-118
CuCl ₂ (q)	-206	108	-162
Cu ₂ O (q)	-169	93	-146
CuO (q)	-157	43	-130
CuSO ₄ (q)	-770	113	-662
CuSO ₄ ·5H ₂ O (q)	-2278	305	-1880
F ⁻ (suvli)	-329	-9,6	-276
HF (g)	-269	174	-271
Fe (q)	0	27,2	0
Fe ²⁺ (suvli)	-88	-113	-85
Fe ³⁺ (suvli)	-48	-293	-11
Fe(OH) ₃ (q)	-824		
FeCO ₃ (q)	-753	96	-680
FeCl ₃ (q)	-405		
FeCl ₃ ·6H ₂ O (q)	-2226		
FeO (q)	-265	61	-244
Fe ₃ O ₄ magnetit	-1118	146	-1015
Fe ₂ O ₃ gematit	-842	87,4	-742
FeS (q)	-100	60	-100
FeS ₂ (q)	-178	53	-167
FeSO ₄ (q)	-923	108	-820
FeSO ₄ ·7H ₂ O (q)	-3007		
H ₂ (g)	0	131	0
H ⁺ (suvli)	0	0	0
OH ⁻ (suvli)	-230	-10,5	-157
H ₂ O (q)	-286	70	-237

Modda, holati	ΔH_f° , kJ/mol	S° , J/(mol K)	ΔG_f° , kJ/mol
H ₂ O (g)	-242	189	-229
H ₂ O ₂ (s)	-188	110	121
H ₂ O ₂ (suvli)	-191		
Hg (s)	0	77	0
Hg (g)	61	175	32
Hg ²⁺ (suvli)	171	-32	164
Hg ₂ ²⁺ (suvli)	172	84,5	153,5
HgCl ₂ (q)	-224	146	-179
Hg ₂ Cl ₂ (q)	-265	196	-211
HgO (q)	-90	73	-58,4
HgS (q)	-54	88	-48
I ₂ (q)	0	116	0
I ₂ (g)	62	261	19,3
I ⁻ (suvli)	-55,2	111	-51,6
HI (g)	26,5	207	1,7
K ⁺ (suvli)	-251	103	-282
KOH (q)	-425	79	-379
KOH (suvli)	-477	92	-441
KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O (q)	-6057	687	-5137
KF (q)	-576	66,6	-538
KBr (q)	-392	96	-379
KBr (suvli)	-372	183	-385
KCl (q)	-436	83	-408
KCl (g)	-216	239,5	-235
KCl (suvli)	-419	158	-413
KClO ₃ (q)	-391	143	-290
KI (q)	-328	104	-322
KI (suvli)	-307	212	-334
KNO ₃ (q)	-493	133	-393
KNO ₃ (suvli)	-458	291	-393
KMnO ₄ (q)	-813	172	-714
K ₂ SO ₄ (q)	-1438	176	-1320
Li ⁺ (suvli)	-278	14	-294
LiOH (q)	-487	50	-444
Li ₂ CO ₃ (q)	-1215	90	-1130
Mg ²⁺ (suvli)	-462	-118	-456
MgCO ₃ (q)	-1113	66	-1029
MgCl ₂ (q)	-642	89,5	-592
MgCl ₂ ·6H ₂ O (q)	-2500	366	-1279
MgO (q)	-602	27	-570
Mg(OH) ₂ (q)	-925	63	-834
MgSO ₄ (q)	-1278	91,6	-1174

Modda, holati	ΔH_f° , kJ/mol	S° , J/(mol K)	ΔG_f° , kJ/mol
MgSO ₄ ·7H ₂ O (q)	-3384		
Mn ²⁺ (suvli)	-219	-84	-223
MnSO ₄ (q)	-1064	112	-956
N ₂ (g)	0	191,5	0
NH ₃ (g)	-46,2	192,5	-16,6
NH ₃ (suvli)	-80,8	110	-26,6
NH ₄ ⁺ (suvli)	-133	113	-79,5
NH ₄ Cl (q)	-315	94,6	-204
NH ₄ NO ₃ (q)	-366	151	-184
(NH ₄) ₂ SO ₄ (q)	-1179	220	-900
N ₂ O (g)	81,5	220	103,6
NO (g)	90,4	210,6	86,7
NO ₂ (g)	33,8	240,5	51,8
N ₂ O ₄ (g)	9,7	304,3	98,3
N ₂ O ₅ (q)	-43	178	114
N ₂ O ₅ (g)	11	356	115
HNO ₂ (suvli)	-119	153	-56
HNO ₃ (s)	-174	155	-80
HNO ₃ (suvli)	-207	146	-111
NO ₃ ⁻ (suvli)	-207	146	-114
Na (q)	0	51	0
Na ⁺ (suvli)	-240	60	-262
Na ₂ O ₂ (q)	-510	95	-447
Na ₂ CO ₃ (q)	-1131	136	-1048
Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O (q)	-4077	2172	-3906
NaHCO ₃ (q)	-948	102	-852
NaF (q)	-569	59	-541
NaCl (q)	-411	72	-384
NaBr (q)	-961	87	-349
NaI (q)	-288	98,5	-286
NaNO ₂ (q)	-359		
NaNO ₃ (q)	-425	116	-366
NaOH (q)	-427	60	-380
Na ₂ SO ₃ (q)	-1117	146	-1043
Na ₂ SO ₄ (q)	-1384	149	-1267
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O (q)	-4324	593	-3644
Na ₂ S ₂ O ₃ (q)	-1117		
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O (q)	-2602		
O ₂ (g)	0	205	0
O ₃ (g)	142	238	163
P ₄ (q)	0	44,4	0
P qizil	-17,4	22,8	-12

Modda, holati	ΔH_f° , kJ/mol	S° , J/(mol K)	ΔG_f° , kJ/mol
PH ₃ (g)	5,4	210	13,4
PCl ₃ (g)	-306	312	-286
PCl ₅ (g)	-399	353	-325
H ₃ PO ₄ (q)	-1279	110,5	-1119
H ₃ PO ₄ (suvli)	-1277	-222	-1019
H ₂ PO ₄ ⁻ (suvli)	-1302	89	-1135
HPO ₄ ²⁻ (suvli)	-1299	-36	-1094
PO ₄ ³⁻ (suvli)	-1284	-218	-1026
P ₂ O ₇ ⁴⁻ (suvli)	-2276		
P ₄ O ₁₀ (q)	-2984	229	-2697
Pb ²⁺ (suvli)	1,6	21,3	-24,3
PbO (q)	-218	69	-188
PbO ₂ (q)	-277	77	-219
Pb(CH ₃ COO) ₂ (q)	-964		
Pb(CH ₃ COO) ₂ ·3H ₂ O	-1854		
S rombik	0	32	0
S monkl	0,3	32,6	0,1
SO ₂ (g)	-297	249	-300
SO ₃ (g)	-395	256	-370
H ₂ S (g)	-20	206	-33
H ₂ S (suvli)	-40	121	-28
H ₂ SO ₄ (s)	-814	157	-690
H ₂ SO ₄ (suvli)	-907	17	-742
HSO ₄ ⁻ (suvli)	-886	127	-753
SO ₄ ²⁻ (suvli)	-907	17,2	-742
SF ₆ (g)	-1209	292	-1105
SiO ₂ kvarts	-859	42	-805
Zn ²⁺ (suvli)	-152	-106	-147
ZnO (q)	-348	44	-318
ZnCl ₂ (q)	-416	108	-369
ZnSO ₄ (q)	-979	125	-872
ZnSO ₄ ·7H ₂ O (q)	-3076	387	-2560

2 - jadval.

298 K dagi organik birikmalarning termodinamik xossalari

Modda va agregat holati	ΔH_f^0 , kJ/mol	ΔG_f^0 , kJ/mol	S^0 , J/(mol K)	ΔG_c^0 , kJ/mol
Uglevodlar				
CH ₄ (g)	-78,8	-50,7	186	-890
C ₂ H ₂ (g)	+226	+209	201	-1300
C ₂ H ₄ (g)	+52	+68	220	-1411
Modda va agregat holati	ΔH_f^0 , kJ/mol	ΔG_f^0 , kJ/mol	S^0 , J/(mol K)	ΔG_c^0 , kJ/mol
C ₂ H ₆ (g)	-84,7	-32,8	230	-1560
C ₃ H ₆ (g), propen	+20,4	+62,8	267	-2058
C ₃ H ₆ (g), tsiklopropan	+53,3	+104,5	237,6	-2091
C ₃ H ₈ (g)	-104	-23,5	270	-2220
C ₄ H ₈ (g) buten-1	-013	+71,4	306	-2717
C ₄ H ₈ (g), tsis-buten-2	-7	+66	301	-2710
C ₄ H ₈ (g), trans-buten-2	-11,2	+63	297	-2707
C ₄ H ₁₀ (g), butan	-126	-17	310	-2878
C ₅ H ₁₂ (g), pentan	-146	-8,2	348	-3537
C ₆ H ₆ (s), benzol	+49	+124	173	-3268
C ₆ H ₆ (g), benzol	+83	+130	269	-3302
C ₆ H ₁₂ (s), tsikloheksan	-156	+26,8	204	-3920
C ₆ H ₁₄ (s), geksan	-199	-4,4	296	-4163
C ₆ H ₅ CH ₃ (g), toluol	+50	+122	321	-3953
C ₇ H ₁₆ (s), heptan	-224	+1,0	329	
C ₈ H ₁₈ (s), oktan	-250	+6,4	361	-5471
C ₈ H ₁₈ (s), izooktan	-255			-5461
C ₁₀ H ₈ (t), naftalin	+78	201	167	-5157
C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂ (s) n-ksilol	-24,4	110	248	-4553
C ₆ H ₅ C ₆ H ₅ (s), etilbenzol	-12,5	120	255	
C ₆ H ₅ C ₂ H ₅ (s), stirol	104	202	238	
C ₁₄ H ₁₀ (t), antrotsen	129	286	207	-7067
C ₁₄ H ₁₀ (t), fenantren	116	272	212	-7050
Uglevodorodlarning galogenli xossalari				
CH ₃ Cl(g)	-82	-59	234	
CH ₂ Cl ₂ (g)	-88	-59	271	
CHCl ₃ (g)	-100	-67	296	
CCl ₄ (g)	-107	-64	309	
CH ₃ Br(g)	-35,6	-26	246	
CH ₂ Br ₂ (g)	-4,2	-5,9	294	
CHBr ₃ (g)	25	16	331	
CBr ₄ (g)	50	36	358	
Spirt va fenollar				
CH ₃ OH(s), metanol	-239	-166	127	-726
CH ₃ OH(g), metanol	-201	-162	240	-764
C ₂ H ₅ OH(s), etanol	-278	-175	161	-1368
C ₂ H ₅ OH(g), etanol	-235	-168	283	-1409
C ₃ H ₇ OH(s), propanol-1	-305	-171	193	-2010
C ₃ H ₇ OH(s), propanol-2	-319	-181	180	-1987
C ₄ H ₉ OH(s), butanol	-326	-161	226	-2672
C ₅ H ₁₁ OH(s), pentanol	-358	-161	255	-3321
C ₃ H ₅ (OH) ₃ (s), glitserin	-669	-477	204	-1661
C ₆ H ₅ OH(t), fenol	-165	-51	146	-3054
C ₆ H ₄ (OH) ₂ , gidroksinon	-363	-217	140	-2861
Aldegid va ketonlar				
HCHO(g), metanal	-109	-102,6	219	-571
CH ₃ CHO(s), etanal	-192	-128	160	-1166
CH ₃ CHO(g), etanal	-166	-129	250	-1192

C_3H_7CHO (g), propanal	-192	-130	305	
$CH_3C(O)CH_3$ (s), atseton	-248	-155	200	-1790
C_3H_7CHO (s), butanal	-239	-119	257	
$CH_3C(O)C_2H_5$ (s), butanon	-273	-151	239	
$C_6H_4O_2$, xinon	-187	-86	161	
Karbon kislotalari				
HCOOH (s), chumoli	-425	-361	129	-255
HCOO ⁻ (suvli)	-410	-335	92	
CH_3COOH (s), sirka	-485	-390	160	-875
Modda va agregat holati	ΔH_f^0 , kJ/mol	ΔG_f^0 , kJ/mol	S^0 , J/(mol K)	ΔG_c^0 , kJ/mol
CH_3COOH (suvli)	-486	-396	179	
$CH_3CO_2^-$ (suvli) atsetat - ioni	-486	-369	87	
C_2H_5COOH (s), propion	-511			
C_3H_7COOH (s), moy	-524	-377	255	
$C_{17}H_{35}COOH$ (t), stearin	-949			-11275
$H_2C_2O_4$ (t), oksolat	-830	-702	120	-254
C_6H_5COOH (t), benzoy	-385	-245	168	-3227
$CH_3CH(OH)COOH$ (t), sut	-694			-1344
$CH_3CH(OH)COOH$ (suvli)	686	-539	222	
Piruvat - ionii (suvli)	-596	-472	171,5	
Murakkab efilari				
CH_3COOCH_3 (s), metilatsetat	-407			
$CH_3COOC_2H_5$ (s), etilatsetat	-479	-333	259	-2231
$C_2H_5COOCH_3$ (s), metilpropionat	-473			
$CH_3COOCH(CH_3)_2$ (s), izopropilatsetat	-519			
$CH_3COOC_2H_5$ (s), vinilatsetat	-350			
Uglevodlar				
$C_6H_{12}O_6$ (t), D-glyukoza	-1275	-911	212	-2810
$C_6H_{12}O_6$ (suvli) D-glyukoza	-1264	-917	270	
Glyukoza -1-fosfor kislatasi		-1790		
$C_6H_{12}O_6$ (t), D-fruktoza	-1266			-2827
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (t), saxaroza	-2222	-1543	360	-5645
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (suvli), saxaroza	-2215	-1551	404	
Boshqa kislorod saqlovchi birikmalar				
$C_2H_4O_2$, etilenoksid	-52.6	-13.1	242	-1306
CH_3OCH_3 , dimetil efiri	-184	-113	267	
$C_2H_5OC_2H_5$ (s), dimetil efiri	-279	-123	253	-2727
$C_4H_8O_2$ (s), dioksan	-401	-236	197	-2317
$C_4H_8O_3$ (s), sirka anhidridi	624	-489	269	
Azot saqlovchi birikmalar				
$CO(NH_2)_2$, (t) mochevina	-334	-197	105	-634
CH_3NH_2 (g), metilamin	-23	32,2	243	-1085
$(CH_3)_2NH$ (g), dimetilamin	-18,8	68	273	-1769
$(CH_3)_3N$ (g), trimetilamin	-24	99	289	-2443
C_5H_5N (s), piridin	140	190	283	-2755
$C_6H_5NH_2$ (s), anilin	31	149	191	-3396
$C_6H_5NO_2$ (s), nitrobenzol	16	146	224	-3093
Nitroglitserin	367			-1541
n-nitrofenol				-2884
Trinitrofenol	-238			-2593
Aminokislotalar va dipeptidlar				
Asparagin kislotasi (t)	-978	-731	174	
Glitsin (t)	-537	-378	103,5	-981
Glitsin (suvli)	-523	-380	169	
Leytsin (suvli)	-643	-352	208	
Tsistein (t)	-533	-343	170	
Glitsilglitsin (suvli)	-734	492	231	
Leytsilglitsin (suvli)		-464		

3 –jadval.

Ayrim erituvchilarning krioskopik va ebuloskopik doimiyligi

Erituvchilar	$t_{\text{muz}}^{\circ}, \text{C}$	K	$t_{\text{qaynash}}^{\circ}, \text{C}$	E
Anilin	-6	5,87	184,4	3,69
Benzol	5,5	5,1	80,2	2,57
Suv	0	1,86	100	0,516
Nitrobenzol	5,7	6,9	210,9	5,27
Piridin	-4,2	4,97	115,4	2,69
Sirka kislotasi	16,65	3,9	118,4	3,1
Fenol	41	7,3	181,2	3,6
Uglerod (IV) xlorid	-23	2,98	76,7	5,3
1,4 -Dioksan	12	4,7	-	-
Kamfora	178,4	39,7	-	-
N - Ksilol	13,2	4,3		
Chumoli kislotasi	8,4	2,77		
Naftalin	80,1	6,9		
Temir	1530	13,18		
Sulfat kislota	10,5	6,17		
n - toluidin	43	5,2		
tsiklogeksan	6,5	20,2		
Metilatsetat			56	1,5
Atseton			57,0	2,06
Metil spirti			64,7	0,84
Oltिंगugurt ikki oksidi			-10	1,45
Uglerodsulfid			46,3	2,29
xloroform			61,2	3,88
etilsetat			77,2	2,79
Etil spirti			78,3	1,11
Etil efiri			34,5	2,0

4-jadval.

Turli haroratdagi suvning ion konsentratsiyalarining ko'paytmasini $K_w = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}$ va neytral muhitdagi pK_{H_2O} , pH qiymatlari.

$t^{\circ}C$	$K_w \cdot 10^{14}$	pK_{H_2O}	pH neytral muxit
0	0,1139	14,94	7,47
5	0,1846	14,73	7,37
10	0,2920	14,53	7,27
15	0,4505	14,35	7,17
18	0,5702	14,24	7,12
20	0,6809	14,16	7,08
21	0,742	14,13	7,06
22	0,802	14,10	7,05
23	0,868	14,06	7,03
24	0,948	14,02	7,01
25	1,008	14,00	7,00
30	1,469	13,83	6,92
35	2,089	13,68	6,84
40	2,919	13,53	6,77
45	4,018	13,40	6,70
50	5,474	13,26	6,63
55	7,297	13,14	6,57
60	9,614	13,02	6,51
100	59,9	12,23	6,11

5-jadval.

Kuchsiz elektrolitlarning suvdagi dissotsiatsialanish konstantasi ($25^{\circ}C$)

Elektrolitlar	K	pK
Chumoli kislota, HCOOH	$2,3 \cdot 10^{-4}$	3,64
Sirka kislota, CH ₃ COOH	$1,75 \cdot 10^{-5}$	4,76
Karbonat kislota, H ₂ CO ₃ (I)	$4,45 \cdot 10^{-7}$	6,35
HCO ₃ ⁻ (II)	$4,69 \cdot 10^{-11}$	10,33
Fosfat kislota, H ₃ PO ₄ (I)	$7,11 \cdot 10^{-3}$	2,15
H ₂ PO ₄ ⁻ (II)	$6,34 \cdot 10^{-8}$	7,20
HPO ₄ ²⁻ (III)	$1,26 \cdot 10^{-12}$	11,90
Ammoniy gidroksid, NH ₄ OH	$1,77 \cdot 10^{-5}$	4,75
Propion kislota, C ₂ H ₅ COOH	$1,34 \cdot 10^{-5}$	4,87
xlor sirka kislota, ClCH ₂ COOH	$1,38 \cdot 10^{-3}$	2,86
Cut kislota, C ₃ H ₆ O ₃	$1,44 \cdot 10^{-4}$	3,84
Shavel kislota, C ₂ H ₂ O ₄	$5,36 \cdot 10^{-2}$	1,27
Tsianid kislota, HCN	$4,9 \cdot 10^{-10}$	9,31
Vodorod sulfid kislota, H ₂ S (I)	$1,1 \cdot 10^{-7}$	6,96
HS ⁻ (II)	$1,0 \cdot 10^{-14}$	14,0

6 –jadval.

Ayrim sistemalarning normal (standart) oksidlanish-qaytarilish potentsiallari (suvli eritma, harorat 25⁰).

№	Elektrod	Elektrod jarayoni		φ^0, V
		Oksidlangan shakl	qaytarilgan shakl	
1	$\text{Cr}^{3+}, \text{Cr}^{2+} / \text{Pt}$		$\text{Cr}^{3+} + e^- \text{Cr}^{2+}$	- 0.41
2	$\text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+} / \text{Pt}$		$\text{Sn}^{4+} + 2e^- \text{Sn}^{2+}$	+ 0.153
3	$\text{Cu}^{2+}, \text{Cu}^+ / \text{Pt}$		$\text{Cu}^{2+} + e^- \text{Cu}^+$	+ 0.167
4	гидрохинон – хинон H^+ / Pt		$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$	+ 0.6994
5	$\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} / \text{Pt}$		$\text{Fe}^{3+} + e^- \text{Fe}^{2+}$	+ 0.783
6	$\text{Mn}^{3+}, \text{Mn}^{2+} / \text{Pt}$		$\text{Mn}^{3+} + e^- \text{Mn}^{2+}$	+ 1.751
7	$\text{Pb}^{4+}, \text{Pb}^{2+} / \text{Pt}$		$\text{Pb}^{4+} + 2e^- \text{Pb}^{2+}$	+ 1.70
8	$\text{Co}^{3+}, \text{Co}^{2+} / \text{Pt}$		$\text{Co}^{3+} + e^- \text{Co}^{2+}$	+ 1.82
9	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}, \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} / \text{Pt}$		$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + e^- \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	+0.486
10	Li^+ / Li		$\text{Li}^+ + e^- \text{Li}$	-3.045
11	Rb^+ / Rb		$\text{Rb}^+ + e^- \text{Rb}$	-2.925
12	K^+ / K		$\text{K}^+ + e^- \text{K}$	-2.925
13	$\text{Ba}^{2+} / \text{Ba}$		$\text{Ba}^{2+} + 2e^- \text{Ba}$	-2.90
14	$\text{Ca}^{2+} / \text{Ca}$		$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \text{Ca}$	-2.87
15	Na^+ / Na		$\text{Na}^+ + e^- \text{Na}$	-2.714
16	$\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}$		$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \text{Mg}$	-2.37
17	$\text{AlO}^-_2 / \text{Al}$		$\text{AlO}^-_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2.35
18	$\text{Al}^{3+} / \text{Al}$		$\text{Al}^{3+} + 3e^- \text{Al}$	-1.70
19	$\text{ZnO}^{2-}_2 / \text{Zn}$		$\text{ZnO}^{2-}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1.216
20	$\text{Mn}^{2+} / \text{Mn}$		$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \text{Mn}$	-1.18
21	$\text{SO}^{2-}_4 / \text{SO}^{2-}_3$		$\text{SO}^{2-}_4 + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \text{SO}^{2-}_3 + 2\text{OH}^-$	-0.93
22	$\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$		$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \text{Zn}$	-0.763
23	$\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}$		$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \text{Cr}$	-0.74
24	$\text{Fe}(\text{OH})_3 / \text{Fe}(\text{OH})_2$		$\text{Fe}(\text{OH})_3 + e^- \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0.56

25	Fe^{2+} / Fe	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$	-0.440
26	$2H^+ / H_2(pH = 7)$	$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	-0.414
27	Cr^{3+} / Cr^{2+}	$Cr^{3+} + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}$	-0.41
28	$PbSO_4 / Pb$	$PbSO_4 + 2e^- \rightleftharpoons Pb + SO_4^{2-}$	-0.356
29	Cd^{2+} / Cd	$Cd^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cd$	-0.403
30	Ni^{2+} / Ni	$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni$	-0.250
31	Sn^{2+} / Sn	$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$	-0.136
32	$CrO_4^{2-} / Cr(OH)_3$	$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e^- \rightleftharpoons Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0.13
33	Pb^{2+} / Pb	$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb$	-0.126
34	$2H^+ / H_2(pH = 0)$	$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	0.000
35	S / H_2S	$S + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2S$	+0.141
36	Sn^{4+} / Sn^{2+}	$Sn^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn^{2+}$	+0.15
37	Cu^{2+} / Cu^+	$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu^+$	+0.153
38	SO_4^{2-} / SO_3^{2-}	$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons SO_3^{2-} + H_2O$	+0.17
39	$AgCl / Ag$	$AgCl + e^- \rightleftharpoons Ag$	+0.222
40	$SO_4^{2-} / S_2O_3^{2-}$	$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- \rightleftharpoons S_2O_3^{2-} + 5H_2O$	+0.29
41	Cu^{2+} / Cu	$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	+0.34
42	$Fe(CN)_6^{3-} / Fe(CN)_6^{4-}$	$Fe(CN)_6^{3-} + e^- \rightleftharpoons Fe(CN)_6^{4-}$	+0.36
43	SO_4^{2-} / S	$SO_4^{2-} + 8H^+ + 6e^- \rightleftharpoons S + 4H_2O$	+0.36
44	$O_2 / OH^-(pH = 14)$	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	+0.401
45	H_2SO_3 / S	$H_2SO_3 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons S + 3H_2O$	+0.45
46	$J_2 / 2J^-$	$J_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2J^-$	+0.5355
47	$J_3 / 3J^-$	$J_3 + 3e^- \rightleftharpoons 3J^-$	+0.536
48	MnO_4^- / MnO_4^{2-}	$MnO_4^- + e^- \rightleftharpoons MnO_4^{2-}$	+0.564
49	MnO_4^- / MnO_2	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightleftharpoons MnO_2 + 4OH^-$	+0.588
50	MnO_4^{2-} / MnO_2	$MnO_4^{2-} + 2H_2O + 2e^- \rightleftharpoons MnO_2 + 4OH^-$	+0.60
51	O_2 / H_2O_2	$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2$	+0.682
52	$C_6H_4O_2 / C_6H_4(OH)_2$	$C_6H_4O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons C_6H_4(OH)_2$	+0.6990
53	Fe^{3+} / Fe^{2+}	$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	+0.771

54	NO_3^- / NO_2	$NO_3^- + 2H^+ + 1e^- \rightarrow NO_2 + H_2O$	+0.79
55	Ag^+ / Ag	$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+0.799
56	$O_2 / H_2O (pH=7)$	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+0.815
57	Hg^{2+} / Hg	$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$	+0.854
58	ClO^- / Cl^-	$ClO^- + 2H_2O + 2e^- \rightarrow Cl^- + 2OH^-$	+0.89
59	Hg^{2+} / Hg_2^{2+}	$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg_2^{2+}$	+0.92
60	NO_3^- / HNO_2	$NO_3^- + 3H^+ + 2e^- \rightarrow HNO_2 + H_2O$	+0.94
61	NO_3^- / NO	$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow HNO_2 + H_2O$	+0.96
62	HNO_2 / NO	$HNO_2 + H^+ + e^- \rightarrow NO + H_2O$	+1.00
63	$Br_2 / 2Br^-$	$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	+1.0652
64	IO_3^- / I^-	$IO_3^- + 6H^+ + 6e^- \rightarrow I^- + 3H_2O$	+1.09
65	$2IO_3^- / I_2$	$2IO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow I_2 + 6H_2O$	+1.195
66	$O_2 / H_2O (pH=0)$	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1.229
67	MnO_2 / Mn^{2+}	$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$	+1.23
68	$Cr_2O_7^{2-} / 2Cr^{3+}$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	+1.33
69	$Cl_2 / 2Cl^-$	$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	+1.359
70	ClO_3^- / Cl^-	$ClO_3^- + 6H^+ + 6e^- \rightarrow Cl^- + 3H_2O$	+1.45
71	PbO_2 / Pb^{2+}	$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$	+1.456
72	$2ClO_3^- / Cl_2$	$2ClO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightarrow Cl_2 + 6H_2O$	+1.47
73	Au^{3+} / Au	$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	+1.50
74	MnO_4^- / Mn^{2+}	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	+1.51
75	$PbO_2 / PbSO_4$	$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$	+1.685
76	MnO_4^{2-} / MnO_2	$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$	+1.695
77	H_2O_2 / H_2O	$H_2O_2 + H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$	+1.77
78	$S_2O_8^{2-} / 2SO_4^{2-}$	$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$	+2.01
79	$F_2 / 2F^-$	$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	+2.87
80	$F_2 / 2HF$	$F_2 + H^+ + 2e^- \rightarrow 2HF$	+3.06

7-jadval

O'ni logarifmlar mantissasi

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0128	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	16	20	24	28	32	36
11	0414	0453	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	7	11	15	18	22	26	29	33
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	20	24	27	30
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	9	13	16	19	22	25	28
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	11	14	17	20	23	26
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	195	1987	2014	3	5	8	11	14	16	19	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	10	13	15	18	20	23
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	19	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	11	13	16	18	20
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	6	8	11	13	15	17	19
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	10	12	14	17	19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	15	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	12	14	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4293	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	3	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	3	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1	3	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	3	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11

36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6375	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6655	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	7	8
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	5	6	7	8
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	4	5	6	7	8
49	6902	6911	6920	6928	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	4	5	6	7	8
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	3	4	5	6	7	8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	3	4	5	6	7	8
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	2	3	4	5	6	7	7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	2	3	4	4	6	6	7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	2	3	4	4	6	6	7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	3	4	5	6	6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	3	4	5	5	6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	3	4	5	5	6

65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	3	4	5	5	6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	3	4	5	5	6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	306	8312	8319	1	1	2	3	3	4	5	5	6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	3	4	4	5	6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	2	3	4	4	5	6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	2	3	4	4	5	6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	2	3	4	4	5	5
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	2	3	4	4	5	5
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	2	3	4	4	5	5
74	8692	698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	2	3	4	4	5	5
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	2	3	3	4	5	5
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	2	3	3	4	5	5
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	2	3	3	4	4	5
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	2	3	3	4	4	5
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	2	3	3	4	4	5
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	2	3	3	4	4	5
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9138	1	1	2	2	3	3	4	4	5
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	2	3	3	4	4	5
83	9191	9196	9201	9206	9112	9217	922	9227	9232	9238	1	1	2	2	3	3	4	4	5
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1	1	2	2	3	3	4	4	5
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1	1	2	2	3	3	4	4	5
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1	1	2	2	3	3	4	4	5
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0	1	1	2	2	3	3	4	4
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0	1	1	2	2	3	3	4	4
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0	1	1	2	2	3	3	4	4
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0	1	1	2	2	3	3	4	4
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0	1	1	2	2	3	3	4	4
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0	1	1	2	2	3	3	4	4
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0	1	1	2	2	3	3	4	4

94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0	1	1	2	2	3	3	4	4
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0	1	1	2	2	3	3	4	4
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0	1	1	2	2	3	3	4	4
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0	1	1	2	2	3	3	4	4
98	9912	9917	9921	9926	9930	9934	9939	9943	9948	9952	0	1	1	2	2	3	3	4	4
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0	1	1	2	2	3	3	3	4

O'qli antilogarifmlar

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	1000	1002	1005	1007	1009	1012	1014	1016	1019	1021	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.01	1023	1026	1028	1030	1033	1035	1038	1040	1042	1045	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.02	1047	1050	1052	1054	1057	1059	1062	1064	1067	1069	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.03	1072	1074	1076	1079	1081	1084	1086	1089	1091	1094	0	0	1	1	1	1	2	2	2
.04	1096	1099	1102	1104	1107	1109	1112	1114	1117	1119	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.05	1122	1125	1127	1130	1132	1135	1138	1140	1143	1146	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.06	1148	1151	1153	1156	1159	1161	1164	1167	1169	1172	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.07	1175	1178	1180	1183	1186	1189	1191	1194	1197	1199	0	1	1	1	1	2	2	2	2
.08	1202	1205	1208	1211	1213	1216	1219	1222	1225	1227	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.09	1230	1233	1236	1239	1242	1245	1247	1250	1253	1256	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.10	1259	1262	1265	1268	1271	1274	1276	1279	1282	1285	0	1	1	1	1	2	2	2	3
.11	1288	1291	1294	1297	1300	1303	1306	1309	1312	1315	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.12	1318	1321	1324	1327	1330	1334	1337	1340	1343	1346	0	1	1	1	2	2	2	2	3
.13	1349	1352	1355	1358	1361	1365	1368	1371	1374	1377	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.14	1380	1384	1387	1390	1393	1396	1400	1403	1406	1409	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.15	1413	1416	1419	1422	1426	1429	1432	1435	1439	1442	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.16	1445	1449	1452	1455	1459	1462	1466	1469	1472	1476	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.17	1479	1483	1486	1489	1493	1496	1500	1503	1507	1510	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.18	1514	1517	1521	1524	1528	1531	1535	1538	1542	1545	0	1	1	1	2	2	2	3	3
.19	1549	1552	1556	1560	1563	1567	1570	1574	1578	1581	0	1	1	1	2	2	3	3	3
.20	1585	1589	1592	1596	1600	1603	1607	1611	1614	1618	0	1	1	1	2	2	3	3	3

.21	1622	1626	1629	1633	1637	1641	1644	1648	1652	1656	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.22	1660	1663	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1690	1694	0	1	1	2	2	2	3	3	3
.23	1698	1702	1706	1710	1714	1718	1722	1726	1730	1734	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.24	1738	1742	1746	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1774	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.25	1778	1782	1786	1791	1795	1799	1803	1807	1811	1816	0	1	1	2	2	2	3	3	4
.26	1820	1824	1828	1832	1837	1841	1845	1849	1854	1858	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.27	1862	1866	1871	1875	1879	1884	1888	1892	1897	1901	0	1	1	2	2	3	3	3	4
.28	1905	1910	1914	1919	1923	1928	1932	1936	1941	1945	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.29	1950	1954	1959	1963	1968	1972	1977	1982	1986	1991	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.30	1995	2000	2004	2009	2014	2018	2023	2028	2032	2037	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.31	2042	2046	2051	2056	2061	2065	2070	2075	2080	2084	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.32	2089	2094	2099	2104	2109	2113	2118	2123	2128	2133	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.33	2138	2143	2148	2153	2158	2163	2168	2173	2178	2183	0	1	1	2	2	3	3	4	4
.34	2188	2193	2198	2203	2208	3313	2218	2223	2228	2234	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.35	2239	2244	2249	2254	2259	2265	2270	2275	2280	2286	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.36	2291	2296	2301	2307	2312	2317	2323	2328	2333	2339	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.37	2344	2350	2355	2360	2366	2371	2377	2382	2388	2393	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.38	2399	2404	2410	2415	2421	2427	2432	2438	2443	2449	1	1	2	2	3	3	4	4	5
.39	2455	2460	2466	2472	2477	2483	2489	2495	2500	2506	1	1	2	2	3	3	4	5	5
.40	2512	2518	2523	2529	2535	2541	2547	2553	2559	2564	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.41	2570	2576	2582	2588	2594	2600	2606	2612	2618	2624	1	1	2	2	3	4	4	5	5
.42	2630	2636	2642	2649	265	2661	2667	2673	2679	2685	1	1	2	2	3	4	4	5	6
.43	2692	2698	2704	2710	2716	2723	2729	2735	2742	2748	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.44	2754	2761	2767	2773	2780	2786	2793	2799	2805	2812	1	1	2	3	3	4	4	5	6
.45	2818	2825	2831	2838	2844	2851	2858	2864	2871	2877	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.46	2884	2891	2897	2904	2911	2917	2924	2931	2938	2944	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.47	2951	2958	2965	2972	2979	2985	2992	2999	3006	3013	1	1	2	3	3	4	5	5	6
.48	3020	3027	3034	3041	3048	3055	3062	3069	3076	3083	1	1	2	3	4	4	5	6	6
.49	3090	3097	3105	3112	3119	3126	3133	3141	3148	3155	1	1	2	3	4	4	5	6	6

.50	3162	3170	3177	3184	3192	3199	3206	3214	3221	3228	1	1	2	3	4	4	5	6	7
.51	3236	3243	3251	3258	3266	3273	3281	3289	3296	3304	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.52	3311	3319	3327	3334	3342	3350	3357	3365	3373	3381	1	2	2	3	4	5	5	6	7
.53	3388	3396	3404	3412	3420	3428	3436	3443	3451	3459	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.54	3467	3475	3483	3491	3499	3508	3516	3524	3532	3540	1	2	2	3	4	5	6	6	7
.55	3548	3556	3565	3573	3581	3589	3597	3606	3614	3622	1	2	2	3	4	5	6	7	7
.56	3631	3639	3648	3656	3664	3673	3681	3690	3698	3707	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.57	3715	3724	3733	3741	3750	3758	3767	3776	3784	3793	1	2	3	3	4	5	6	7	8
.58	3802	3811	3819	3828	3837	3846	3855	3864	3873	3882	1	2	3	4	4	5	6	7	8
.59	3890	3899	3908	3917	3926	3936	3945	3954	3963	3972	1	2	3	4	5	5	6	7	8
.60	3981	3990	3999	4009	4018	4027	4036	4046	4055	4064	1	2	3	4	5	6	6	7	8
.61	4074	4083	4093	4102	4111	4121	4130	4140	4150	4159	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.62	4169	4178	4188	4198	4207	4217	4227	4236	4246	4256	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.63	4266	4276	4285	4295	4305	4315	4325	4335	4345	4355	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.64	4385	4375	4385	4395	4406	4416	4426	4436	4446	4457	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	4467	4477	4487	4498	4508	4519	4529	4539	4550	4560	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.66	4571	4581	4592	4603	4613	4624	4634	4645	4656	4667	1	2	3	4	5	6	7	8	10
.67	4677	4688	4699	4710	4721	4732	4742	4753	4764	4775	1	2	3	4	5	7	8	9	10
.68	4786	4797	4808	4819	4831	4842	4853	4864	4875	4887	1	2	3	4	6	7	8	9	10
.69	4898	4909	4920	4932	4943	4955	4966	4977	4989	5000	1	2	3	5	6	7	8	9	10
.70	5012	5023	5035	5047	5058	5070	5082	5093	5105	5117	1	2	4	5	6	7	8	9	11
.71	5129	5140	5152	5164	5176	5188	5200	5212	5224	5236	1	2	4	5	6	7	8	10	11
.72	5248	5260	5272	5284	5297	5309	5321	5333	5346	5358	1	2	4	5	6	7	9	10	11
.73	5370	5383	5395	5408	5420	5433	5445	5458	5470	5483	1	3	4	5	6	8	9	10	11
.74	5495	5508	5521	5534	5546	5559	5572	5585	5598	5610	1	3	4	5	6	8	9	10	12
.75	5623	5636	5649	5662	5675	5689	5702	5715	5728	5741	1	3	4	5	7	8	9	10	12
.76	5754	5768	5781	5794	5808	5821	5834	5848	5861	5875	1	3	4	5	7	8	9	11	12
.77	5888	5902	5916	5829	5943	5957	5970	5984	5998	6012	1	3	4	5	7	8	10	11	12
.78	6026	6039	6053	6067	6081	6095	6109	6124	6138	6152	1	3	4	6	7	8	10	11	13

.79	6166	6180	6194	6209	6223	6237	6252	6266	6281	6295	1	3	4	6	7	9	10	11	13
.80	6310	6324	6339	6353	6368	6383	6397	6412	6427	6442	1	3	4	6	7	9	10	12	13
.81	6457	6471	6486	6501	6516	6531	6546	6561	6577	6592	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.82	6607	6622	6637	6653	6668	6683	6699	6714	6730	6745	2	3	5	6	8	9	11	12	14
.83	6761	6776	6792	6808	6823	6839	6855	6871	6887	6902	2	3	5	6	8	9	11	13	14
.84	6918	6934	6950	6966	6982	6998	7015	7031	7047	7063	2	3	5	6	8	10	11	13	15
.85	7079	7096	7112	7129	7145	7161	7178	7194	7211	7228	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.86	7244	7261	7278	7295	7311	7328	7345	7362	7379	7396	2	3	5	7	8	10	12	13	15
.87	7413	7430	7447	7464	7482	7499	7516	7534	7551	7568	2	3	5	7	9	10	12	14	16
.88	7586	7603	7621	7638	7656	7674	7691	7709	7727	7745	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.89	7762	7780	7798	7816	7834	7852	7870	7889	7907	7925	2	4	5	7	9	11	12	14	16
.90	7943	7962	7980	7998	8017	8035	8054	8072	8091	8110	2	4	6	7	9	11	13	15	17
.91	8128	8147	8166	8185	8204	8222	8241	8260	8279	8298	2	4	6	8	9	11	13	15	17
.92	8318	8337	8356	8375	8395	8414	8433	8453	8472	8492	2	4	6	8	10	12	14	15	17
.93	8511	8531	8551	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.94	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8831	8851	8872	8892	2	4	6	8	10	12	14	16	18
.95	8913	8933	8954	8974	8995	9016	9036	9057	9078	9099	2	4	6	8	10	12	15	17	19
.96	9120	9141	9162	9183	9204	9226	9247	9268	9290	9311	2	4	6	8	11	13	15	17	19
.97	9333	9354	9376	9397	9419	9441	9462	9484	9506	9528	2	4	7	9	11	13	15	17	20
.98	9550	9572	9594	9616	9638	9661	9683	9705	9727	9750	2	4	7	9	11	13	16	18	20
.99	9772	9795	9817	9840	9863	9886	9908	9931	9954	9977	2	5	7	9	11	14	16	18	20

TAVSIYA ETILADIGAN ADABIYOTLAR

Asosiyarlari:

1. Karimov I.A. Yuksak ma'naviyat –yengilmas kuch – T., “Ma'naviyat”, 2008.
2. O`zbekiston Respublikasi qonuni “Ta'lim to`g`risida” – T., “O`zbekiston”, 1997 yil.
3. O`zbekiston Respublikasi “Kadrlar tayorlash milliy dasturi” – T., “O`zbekiston”, 1997 yil.
4. Aminov S.N., Popkov V.A., Qurbonova M.M. Fizik va kolloid kimyodan amaliy mashg`ulotlar T., “O`zbekiston”, 2006 yil.
5. Попков В.А., Пузаков С.А. Общая химия: Учебник. –М.: ГЭОТАР – Медицина, 2007.- 976 с.
6. Сборник задач по физической и коллоидной химии / В.И. Кабачный [и др.] -Харьков.: Изд-во НфаУ, 2004.-200 с.

Qo`shimcha adabiyotlar:

7. Фізична та колоїдна хімія. Лабораторний практикум: Навч. посіб. для студ. вищ. фармацев. навг. закладів / В.І. Кабачный [и др.] - Харьков.: Изд-во НфаУ: Золоті збірники, 2004.-200 с.
8. Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. –М.: Высш. шк., 1990. -487 с.
9. Практикум п физической и коллоидной химии / Е.В. Бугреева [и др.]: Высш. шк.,1990. -255 с.
10. Физическая и коллоидная химия: учеб. пособие /В.И. Кабачный [и др.]. - Харьков.: Изд-во НфаУ, 2007.-221 с.
11. Физическая и коллоидная химия: учебник /В.И. Кабачный [и др.]. - Харьков.: Изд-во НфаУ, 2005.-343 с.

O'quv qo'llanma

Sobir Nig'matovich Aminov

Mohira Mahmudovna Qurbonova

Mavjuda Mamatoirovna Rahmatullayeva

FIZIK VA KOLLOID KIMYODAN MASALALAR TO'PLAMI

Amaliy mashg'ulot uchun

Muharrir Qurbonova M.M.
Musahhih Raxmatullayeva M.M
Dizayner Gureyeva A.

Chop etishga ruxsat etildi 17.06.2010 yilda 234-sonli buyrug`iga asosan ruxsat etildi. Times New Roman garniturasida. Bichimi 60x84 ¹/₁₆. Shartli

12,125 b.t. Nashr t. № 281/10

Adadi 300 nusxa. 24 – raqamli buyurtma.

OOO "Spectrum scope" MJCH bosmaxonasida nashr etildi.



**U'zbekiston fan arbobi, k.f.d.,
professor Aminov S.N.**



**f.f.n., dotsent
Qurbonova M.M.**



**f.f.n., katta o'qituvchi
Raxmatullayeva M.M.**

