

**SH.P.Nurullayev, H.S.Tolipova, B.X.Xasanov,
M.N.Mavlonova, Z.S.Alixonova**

**ANALITIK, FIZIKAVIY
VA KOLLOID KIMYO**

1-QISM



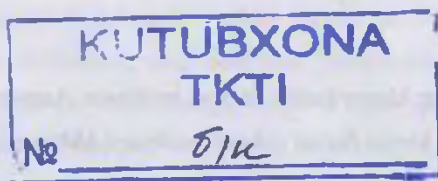
O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus
ta'lim vazirligi

SH.P.Nurullayev, H.S.Tolpova, B.X.Xasanov,
M.N.Mavlonova, Z.S.Alixonova

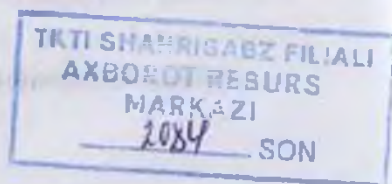
ANALITIK, FIZIKAVIY VA KOLLOID KIMYO

(Fizikaviy kimyo fanidan amaliy mashg'ulotlar)

1-qism



Toshkent – 2018



UDK 544 (075)

UO'K: 178. (54+42)

KBK 65.16 (5 Y36)

Ushbu o'quv qo'llanma fizikaviy kimyo fanidan amaliy o'quv mashg'ulotlarni texnik va texnologik oliy ta'lim muassasalarining *kimyo, kimyoviy texnologiya, neft va gazni qayta ishlash texnologiyasi, oziq-ovqat mahsulotlari hamda qurilish materiallarini ishlab chiqarish, biotexnologiya, oziq-ovqat xavfsizligi* va boshqa turdosh ta'lim yo'nalishlarida tahsil oluvchi talabalari, turdosh kasb-hunar kollejlari o'quvchilari bilan olib borishda, shuningdek, tegishli tarmoq sohalarni ishlab chiqarish korxonalarini mutaxassislarini amaliy ish jarayonida foydalanishlari uchun tavsiya qilinadi.

O'quv qo'llanmada *umumiy va noorganik kimyo, organik kimyo, analitik kimyo, fizikaviy va kolloid kimyo* fanlaridan xam amaliy o'quv mashg'ulotlarini olib borishda, hamda texnologik jarayonlarning muammolariga tegishli masalalarni yechish, taxlil qilish va sodir bo'lish shart-sharoitlarini belgilashda qo'llaniladigan asosiy fizik-kimyoviy kattaliklarning qiymatlari *CH va C/C o'lchov* tizimlarida keltirilgan.

Mazkur o'quv qo'llanma Toshkent kimyo-texnologiya instituti Kengashining 2018 yil "28" "iyun" dagi yig'ilishi Qaror asosida (10 - sonli bayonnomma) nashrga tavsiya qilingan.

Taqrizchilar: kimyo fanlari doktori, professor Axmerov Q.A.
kimyo fanlari doktori, professor Akbarov H.I.

ISBN 97899435664626

© "Navro'z" nashriyoti

SO'Z BOSHI

Mустаqil Respublikamizning kimyo, oziq-ovqat, neft va gazni qayta ishlash, qo'llaniladigan materiallari va boshqa turdosh ishlab chiqarish tarmoqlarining sanoat korxonalarini zamon talablariga mos ravishda jadal sur'atlarda rivojlanib taraqqiy etib borishida.

Boshqa turdosh ixtisoslik yo'nalishlari bilan bir qatorda mazkur sohani hozirgi bilim andozalariga mos keladigan yuksak unumdorlik ko'rsatkichlariga ega bo'lgan innovatsion texnologiyalar, uskuna va qurilmalar bilan jihozlash tadbirlari keng miqdorda amalga oshirilmoqda. Bu esa o'z navbatida ilm-fanni yanada rivojlantirish, kimyo fanlaridan nazariy va amaliy bilimlarni chuqurlashtirish, shu yo'nalishlardagi chuqur texnologik muammolarning yechimlarini fanlardan olingan bilimlarni amaliy jihatdan tezkor holatda sinab ko'rishni talab qilayapti.

Ishlab chiqarishdagi texnologik jarayonlarni har tomonlama chuqur va atroflicha kompleks ravishda mukammal o'rganish, boshqarish, tahlil qilish, ularda olib boriluvchi barcha fizik-kimyoviy jarayonlarning optimal borish shartsharoitlarini belgilash muhim o'rin tutadi. Shu bois kimyoviy moddalar ishtirokida boruvchi har qanday o'zgarishlarni boshqarishga keng yo'l ochish, xom ashyo sarfini kamaytirish, mahsulot sifatini yanada oshirish, energiya tejamkorligini ta'minlash, atrof-muhit muhofazasini hal qilish va shu kabi boshqa choralarni ijobiy tarzda amalga oshirishda kimyo fanlarini o'zining katta amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

Shulardan kelib chiqib fizikaviy kimyo fanidan amaliy mashg'ulotlarni olib borish jarayonida mashq hamda masalalar yechish xamda ularning fizik-kimyoviy kattaliklarining o'lchov birliklarini aniq belgilash shuningdek fizik kimyoviy kattaliklarni to'liq qiymatlarda hisoblashga katta e'tibor qaratish maqsadga muvofiqdir. Fanlardan olib boriladigan laboratoriya mashg'ulotlarida bo'lgani kabi ishlab chiqarish korxonalarida ham jarayonni borishiga ta'sir qiluvchi turli faktorlarni (*fizik-kimyoviy kattaliklarni*) o'lchashga to'g'ri keladi. Bunda baholadigan barcha o'lchashlar yoki hisoblashlar asosida topilgan o'rtacha qiymatlar

miqdori shu kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqin bo'lishi kerak, ya'ni xatolik juda kam darajada bo'lishini ta'niqlashga harakat qilish zarur bo'ladi. Buning uchun kutilayotgan natijani yuqori aniqlikda olishga xizmat qiluvchi fizik-kimyoviy kattaliklar ma'lumotnomasidan foydalaniladi. Mana shu jihatlardan kelib chiqib mazkur o'quv qo'llanmada fizik kimyoviy kattaliklarning qiymatlari jahon o'lchov sistemasi bo'lmish SI va SGS sistemalarida yonma-yon ko'rinishda keltirilgan va noorganik moddalarga tegishli jadvallar alfavit bo'yicha, organik moddalarniki esa ularning tarkibidagi uglerod atomini ortishi shaklida berilgan.

Yuqorida bayon etilganlarni va *fizik-kimyoviy jarayonlarning amaliy mashg'ulotlarini* atroflicha to'liq o'rganish bo'yicha hozirgi talablarga javob beruvchi bunday ma'lumotnomaning lotin alifbosida mavjud emasligi hisobga olingan holda ushbu o'quv qo'llanma yaratildi.

O'quv qo'llanmada keltirilgan ma'lumotnomalarda noorganik va organik moddalar sinteziga, hamda mineral o'g'itlar, qurilish materiallari, neft va gazni qayta ishlash texnologiyasiga tegishli kong ma'lumotlar berilgan bo'lib, undan turdosh oliy ta'lim muassasalarining talabalari, institut va ishlab chiqarish korxonalari mutaxassislari, laborantlari, shuningdek, boshqa turdosh sohalarda mehnat faoliyatini olib borayotgan mutaxassislarni foydalanishlari tavsiya qilinadi.

O'quv qo'llanma lotin alifbosida birinchi marotaba yaratilganligi sababli ayrim kamchiliklardan xoli bo'lmasligi mumkin. Shuning uchun ushbu o'quv qo'llanma haqidagi fikr va mulohazalarni mualliflar samimiy minnatdorchilik bilan qabul qiladilar.

KIRISH

Kimyo va kimyoviy texnologiyasi japayonlari asosida mahsulotlar ishlab chiqarish sur'atini jadal sur'atlarda taraqqiy etishi va turli mahsulotlar ishlab chiqarishga juriy qilinishi fizikaviy kimyo fanini *katta amaliy ahamiyatga ega* shahidlik ko'rsatmoqda. Mazkur holat kimyoviy jarayonlar bilan boruvchi har qanday o'zgarishlarni boshqarishga keng yo'l ochib berdi, hamda xom ashyo sarfini kamaytirish, mahsulot sifatini yanada oshirish, energiya tejamliligini ta'minlash, mahsulot muhofazasi masalalarini hal qilish va shu kabi boshqa choralarni ijobiy ta'sirida amalga oshirish imkoniyatlar yaratdi. Shuning uchun oliy ta'lim o'quv dasturlarida fizikaviy kimyo fanini o'qitishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Fizikaviy kimyo fanining kimyo texnologiyalariga tegishli nazariy mavzularini boshqa o'zlashtirish va tushunib olishda amaliy mashg'ulotlar muhim o'rin egallaydi. Shu kabi ushbu fandan masalalar echish nazariy qonun, qonuniyat va tushuncha, sharoitlik, ma'lumotlarni mukammal bilish, tahlil etish va texnologik hisoblarni yaratishda tadbir qilishga yaqindan yordam beradi.

Alaqa shularni e'tiborga olgan holda fizikaviy kimyo fani o'quv dasturiga kirilgan barcha nazariy mavzularni qamrab olgan misol va masalalarni ushbu qo'llanmada qamrab olish choralari ko'rilgan.

O'quv qo'llanmaning har bir bobida qisqa nazariy ma'lumotlar keltirib ularga tegishli misollarni echish mashqi va mustaqil ravishda amaliy bajarish uchun masalalar berilgan. Bu esa o'quv qo'llanmaning har bir boblari orasidagi o'zaro bog'liqlikni ta'minlashga asos bo'ldi.

Berilgan ko'p variantli masalalar asosan uyda echib kelish maqsadida tavsiya etilgan. Masalalar to'plami o'quv qo'llanmasida fizikaviy kimyo fani bilan kimyo, matematika, fizika va boshqa fanlar orasida mantiqiy bog'liqlikni ta'minlash va fanlardagi fanlarni o'rganishga zamin yaratish maqsadida masalalarni mazmun mohiyati texnologik ishlab chiqarish sharoitdagi holatlariga yaqinlashtirilgan ko'rsatishda berildi.

Shu bilan birga hozirgi vaqtda ishlab chiqarishda qo'llanilayotgan an'anaviy texnologiyalarga oid masala va inashqlar bilan birga kimyoviy texnologiya fanlarini oxirgi erishgan zamonaviy yutuqlariga tegishlilari ham o'quv qo'llanmada keltirilgan.

Uni yaratishda mualliflar Toshkent kimyo-texnologiya institutida ko'p yillar mobaynida fizikaviy va kolloid kimyo fanidan talabalarga bergan ma'ruza ma'ruzalari, shuningdek marhum ustozimiz akademik H.R.Rustamov rahbarligida 2009 yilda nashr qilingan "Fizikaviy kimyodan masalalar to'plami" kitobi asos qilib ulindi.

Fizikaviy kimyo fanidan masalalarni yechish bo'yicha ayrim tavsiyalar

Fizikaviy kimyo fanidan mashq hamda masalalar yechish vaqtida o'lchov birliklarini aniq belgilash va kattaliklarni hisoblashga katta e'tibor berish maqsadga muvofiqdir. Laboratoriya mashg'ulotlarida bo'lgani kabi ishlab chiqarish sharoitida ham jarayonni borishiga ta'sir qiluvchi turli faktorlar (*omillar*) ni o'lchashga to'g'ri keladi. Bunda o'lchashlar yoki hisoblashlar asosida olingan o'rtacha qiymat miqdori haqiqiy qiymatga yaqin bo'lishi kerak, ya'ni xatolik juda kam darajada bo'lishini ta'minlashga harakat qilish zarur. Buning uchun kutilayotgan natijani yuqori aniqlikda olishga xizmat qiluvchi yaxlitlash qoidasiga amal qilinadi. Misol uchun agar $\Delta H = 123,4567 \text{ kJ}$ ga tengligi topilsa uni $\Delta H = 123,46 \text{ kJ}$, yoki $\Delta H = 321,6547 \text{ kJ}$ bo'lsa u holda $\Delta H = 321,65 \text{ kJ}$ deb yaxlitlash imkoni tavsiya qilinadi.

Demak, *SI o'lchov birliklari* sistemasiga binoan energiya birligi Joulda belgilanadi. Bunda 1Joul 1Nyuton(N) 1metr(m)ga teng, yoki $1\text{J} = 10^7 \text{ erg} = 10^7 \text{ dms} \cdot \text{sm}$, $1\text{N} = 10^5 \text{ dina}$.

Xalqaro o'lchov sistemasi SI (*bu so'z fransuzcha bo'lib Systeme International ni ifoda qiladi*) 1960 yildan beri amaliyotda qo'llanilib kelinmoqda. Fizikaviy va kolloid kimyo fanida energiya o'lchov birligi sifatida kaloriya (kal) ko'p qo'llanilib kelingan va hozirda ham ayrim holatlarda ishlatiladi. Shuning uchun 1 kal qiymatini Joulgaga o'tkazish uchun uni 4,184 koeffitsientga ko'paytirish kerak, ya'ni $1\text{kal} = 4,184 \text{ J}$ yoki $1\text{kcal} (10^3 \text{ kal}) = 4,184 \text{ kJ}$ ga tengdir.

Agar o'z o'lchov birliklari orasidagi bog'lanish nisbatlari quyida keltirilgan:

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ m}^3;$$

$$1 \text{ mol/dm}^3 = 1 \text{ mol/dm}^3;$$

$$1 \text{ nm} \text{ (mikrometr)} = 1,00 \text{ \AA} \text{ (angstrom)} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-10} \text{ m}.$$

$$1 \text{ nm} \text{ (nanometer)} = 10^{-9} \text{ m} = 10 \text{ \AA}.$$

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Topp} = 760 \text{ mm.simoh ustun} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

Yozuv nusxasi va masalalarni echish jarayonida olingan qiymatlarni logarifmlarga ham e'tibor qaratish lozim. O'nli logarifm asosi ($\lg B$) ga n daraja ko'rsatkichli kutilgan. Masalan, $\lg 1 = 0$, ya'ni $1 = 10^0$, $100 \text{ soni} = 2$ ($100 = 10^2$), $0,001 \text{ soni} = 3$ ($0,001 = 10^{-3}$) va hokazo. Demak, $\lg B = \lg 10^n = n$ ($B = 10^n$) bo'ladi.

Agarda son asosi $e = 2,71828$ ko'rinishiga ega bo'lsa u holda huni natural logarifm (\ln) deb yuritiladi va $\ln B = \ln e^k = k$ ($B = e^k$) bo'ladi. Mana shularni e'tiborga olib holda logarifm qiymatini topish quyidagicha amalga oshiriladi:

$$\lg(AB) = \lg A + \lg B;$$

$$\lg(A/B) = \lg A - \lg B;$$

$$\lg(A^n) = n \lg A;$$

Agar elektron hisoblash qurilmalarida \lg belgisi log ko'rinishda berilgan logarifm qiymatidan qayta qiymat chiqarish uchun antilogarifmlanadi (antilog) va holda

$$\text{antilog } n = 10^n = B$$

$$\text{exp } k = e^k = B$$

bu holda exp belgilanish natural qiymat bo'lib *eksponent* deyiladi.

Qiymatlarni logarifmlash va antilogarifmlash jarayonida sonlarni yaxlitlashga ham e'tibor qaratish kerak. Masalan, yaxlitlashdan keyin quyidagi qiymatlarga ega bo'lish mumkin:

$$\lg 1,1 = 0,0414; \quad \lg 15,0 = 1,1761; \quad \lg 15,00 = 1,1760$$

$$\ln 1,1 = 0,0953; \quad \ln 15,0 = 2,7081; \quad \ln 15,00 = 2,7080$$

Yuqorida keltirilganlar asosida fizikaviy va kolloid kimyo fanidan masalalar echishga kirishishdan oldin quyidagilarga amal qilish tavsiya etiladi:

1. Masala sharti boyicha berilgan barcha kattaliklar o'lchov birligini SI sistemasiga keltirib olish;
2. Masala shartiga ko'ra hisoblanayotgan kattalikni boshqa omillar bilan bog'liqligini aniqlash;
3. Masalani echishni umumli (*ratsional*) yo'lini tanlash va hisoblash uchun algebraik tenglamani chiqarib olish;
4. Masala shartini bajarish uchun etarli bo'lmagan qo'shimcha qiymatlarni ma'lumotnomalar (*spravochnik*) dan qidirib topish kerakdir.

1-hil. KIMYOVIIY TERMODINAMIKA QONUNLARI VA TERMOKIMYO

1.1. TERMODINAMIKANING ASOSIIY TUSHUNCHILARI. SISTEMA ICHKI ENERGIYASI VA BAJARILGAN ISH

Kimyoviy termodinamika umumiy termodinamikaning bir bo'limi bo'lib, unda umumiy termodinamikaning hamma qonun va tenglamalari, jumladan, ekvivalentlik qonuni va boshqini saqlaydi. Termodinamikaning I va II qonunlari (*klassik termodinamika*) mantiqiy nazariya asosida emas, balki insoniyatning ko'p asrlar davomida olib borilgan kuzatishlari va tajribalar o'tkazishlari asosida yaratilgan. Kimyoviy reaksiyalarda issiqlik ajraladi yoki yutiladi, elektr energiya vujudga keladi va boshqalar, ya'ni kimyoviy energiya boshqa turdagi energiyaga aylanadi. Kimyoviy termodinamika kimyoviy energiya bilan energiyaning boshqa turlari o'rtasidagi munosabatlarni o'rganadi.

Hudud bilan va tabiatdagi mavjud bo'lgan har qanday jismda istalgan vaqt davomida molekula va atomlar doimiy to'xtovsiz harakatlanish holatida bo'ladi. Jismning kinetik energiyalari yig'indisi shu jismning issiqlik energiyasini tashkil etadi. Molekulalardagi yoki jismning kristall panjarasidagi atomlarning o'zaro munosabatida mavjud bo'lgan potensial energiyasi uning kimyoviy energiya ekvivalenti. Energiyaning bu ikki – kinetik va potensial energiya turi bir-biriga o'tib borishi mumkin. Masalan, birorta jism yuqoriga ko'trilsa uning kinetik energiyasi kamayib, potensial energiyasi o'rtib boradi. Natijada eming tortish kuchiga qarshi ish bajarilganidek, kinetik energiya potensial energiyaga aylana boradi.

1.2. TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI

Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi, ya'ni turli energiyalar o'rtasidagi miqdoriy nisbatni o'rganadi. Birinchi qonun bo'yicha jarayonning borish sharoitiga, unda qanday moddalar ishtirok etganligiga qaramasdan, doimo energiya bir turining ma'lum miqdori ma'lum miqdordagi boshqa turga aylanadi (*ekvivalentlik, ya'ni barchaslik qonuni*).

Turli xil termodinamik jarayonlarda jism (*yoki modda*) ichidagi energiyaviy o'zgarishlar ularning *ichki energiya* (U) sining o'zgarishibilan bog'lab tushuntiriladi. Ichki energiya moddaning to'liq zahiraviy energiyasini ifodalaydi. Ichki energiya moddaning tabiati va miqdoriga, shuningdek, uning mavjud bo'lish sharoitlariga ham bog'liqdir.

Ichki energiya sistemani tashkil qilgan hamma tarkibiy bo'laklarning bir-biriga o'zaro ta'siridagi potensial energiyasi bilan ularning kinetik energiyasi yig'indisiga teng. Ichki energiyaning (U) mutlaq (*absolut*) miqdorini o'lchay olmaymiz, lekin jarayonda qanchaga o'zgartirilganligini bilvosita usullar bilan aniqlash mumkin va unda

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (1.1)$$

bo'ladi, bunda U_1 -moddaning boshlang'ich holatdagi ichki energiyasi, U_2 -uning oxirgi holatdagi ichki energiyasi. Shunday qilib, moddaning har qaysi holatiga muayyan ichki energiya muvofiq keladi.

Kimyoviy reaksiyalar vaqtida issiqlik ajralib chiqsa (masalan, $2H_2O + O_2 = 2H_2O$ reaksiyasi) u holda $U_1 > U_2$ bo'ladi va bu energiyalarning farqi issiqlik energiyasi (Q)ni qiymatiga teng bo'ladi. Demak, energiya bir turdan ikkinchi turga aylanmoqda.

Agar biror sistemaga ma'lum miqdorda issiqlik (Q) bersak va bunda sistema hajmi turg'un bo'lsa ($V = \text{const}$) berilgan bu issiqlik sistemaning energiyasini oshirishga sarf bo'ladi, ya'ni

$$Q_V = \Delta U \quad \text{yoki} \quad Q_V = U_2 - U_1 \quad (1.2)$$

Natijada sistema harorati ortadi. Umumiy holda esa termodinamik sistemaga berilgan issiqlik uning ichki energiyasini o'zgarishiga va ish bajarishga sarf bo'ladi. Buni biz termodinamikaning birinchi qonunini izohlashda ko'rib chiqamiz.

Termodinamikani birinchi qonunning matematik ifodasi quyidagicha:

$$\delta Q = dU + \delta A \quad (1.3)$$

bunda: Q - issiqlik; U - ichki energiya; A - ish.

Ushbu sistemaga berilgan issiqlik sistemaning ichki energiyasini oshirishga va foydali ish bajarishga sarf bo'ladi. Agar biror kattalikning jarayon jarayonida o'zgarishi faqat sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatiga bog'liq bo'lsa, bu xil kattalik to'liq funksiya deyiladi va uning cheksiz kichik miqdori δ harfi bilan ifodalanadi. To'liq funksiya ifodasini integrallash mumkin. Agar funktsiyaning jarayonida o'zgarishi sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatidan tashqari yana sistemaning o'tish yo'lga bog'liq bo'lsa, bunga noto'liq funksiya deyiladi va uning cheksiz kichik miqdori δ harfi bilan ifodalanadi. Noto'liq funktsiyani umumiy ko'rinishda integrallash mumkin. Biroq, ayol o'tish yo'li ma'lum bo'lsagina integrallash mumkin.

Ish va issiqlik to'liq funksiya bo'lib, issiqlik va ish noto'liq funktsiyalar.

Agar texnologik sistemada foydali ish gazning faqat kengayib bajargan holatda shorat bo'lsa, u holda

$$\delta A = p dV \quad \text{va} \quad A = \int_1^2 p dV \quad (1.4)$$

(1.4) tenglamani (2.2) tenglamaga qoysak

$$Q = dU + p dV \quad (1.5)$$

bu tenglamani

qaytib (1.5) tenglamani (1.4) tenglamaga qoysak, biz quyidagilarni ko'ramiz. Entalpiya (turg'un hajmda boradigan) jarayonlarda sistemaning holatini ifodalovchi ichki energiya (U) bo'lsa, izobarik (o'zgarmas bosimda boradigan) jarayonlarda entalpiya (H) bo'ladi.

Entalpiya izobarik ravishda boruvchi jarayonlarda termodinamik sistemaning holatini ko'rsatuvchi muhim kattaliklardan biridir. Ichki energiya kabi entalpiya qiymati ham jarayonlarni borish yo'lga bog'liq bo'lmay, balki sistemaning dastlabki (boshlang'ich) va oxirgi holatiga bog'liqdir. U ichki energiya bilan quyidagicha bog'langan:

$$H = U + pV \quad (1.6)$$

bu yerda p - bosim, V - sistema hajmi.

Termodinamik tenglamalar orqali entalpiyaning absolyut qiymatini aniqlash imkoni yoq, shuning uchun amalda sistema entalpiyasini o'zgarishi (ΔH) quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta H = H_2 - H_1,$$

Bunda H_1 va H_2 – sistemaning dastlabki va oxirgi holatdagi entalpiyalaridir.

Suyuq va qattiq agregat holatdagi sistemalar uchun U va H bir xil ma'noga ega bo'lib, gaz holatdagi sistemalarda U va H o'zaro farqlanadi. Demak, ichki energiya va entalpiyalarning qiymati qanday tarzda o'zgarishi asosida shu sistemaning kimyoviy energiyasi ortishiyoki kamayishi mumkin.

1.3. TERMOKIMYO. ISSIQLIK EFFEKTI

O'zgarmas hajm yoki o'zgarmas bosimda boruvchi qaytmas ravishda sodir bo'ladigan jarayonlarda harorat doimiy bo'lganida ajralib chiqqan yoki yutilgan issiqlikning maksimal miqdori shu jarayonni *issiqlik effekti* deyiladi. Termodinamikaning kimyoviy reaksiyalardagi issiqlik effektini o'rganuvchi bir bo'limi *termokimyo*dir.

Termokimyo – kimyoviy reaksiyalar issiqlik effektini, moddalarning bir agregat holatdan ikkinchi agregat holatga o'tishdagi issiqlik effektini, bir kristall tuzilish holatdan boshqasiga o'tishdagi energiya effektini, modda yoki sistemalar issiqlik sig'imitlarining o'zgarishini o'rganadi.

Izoxorik jarayonda ($V = \text{const}$) sistemaga berilgan yoki yutilgan issiqlik izoxorik issiqlik effektidir (Q_V):

$$\Delta Q_p = \Delta U. \quad (1.7)$$

Izobarik jarayonda ($p = \text{const}$) issiqlik effekti:

$$Q_p = \Delta H \quad (1.8)$$

ideal gazlar uchun issiqlik

1) 1-mohir jarayonlarida turli jarayonlarda ideal gazlar uchun issiqlik va ish qabul qilgani.

Jarayon	δQ	Issiqlik	Holat tenglamasi
izoxorik	$\pm 3nR \lg \frac{V_2}{V_1}$	$2,3nRT \lg \frac{P_1}{P_2}$	$pV = \text{const}$
izobarik	0	$nC_p(T_2 - T_1)$	$\frac{p}{\rho} = \text{const}$
izotermik	$nR \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$	$nC_p(T_2 - T_1)$	$pV = \text{const}$
izoxorik	$nC_v(T_2 - T_1)$	0	$Tp^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \text{const}$

2) Dohir $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$, n - mol soni; C_v , C_p - izoxorik va izobarik molyar issiqlik sig'imi.

1) kimyoviy reaksiyalarda moddaning agregat holati: gaz (g), suyuqlik (l) va qattiq (q) issiqlik effekti ko'rsatib yoziladi:



bu yerda (+) ishorasi endotermik, (-) ishorasi ekzotermik reaksiyalar uchun mo'ljallangan.

1) (1) tenglamaga muvofiq reaksiya (turg'un hajmda) izoxorik ravishda olib borilganda:

$$Q_v = \Delta U, (1.9)$$

izobarik (turg'un bosimda) olib borilganda:

$$Q_p = \Delta H, (1.10)$$

(1.9), (1.10) - izoxorik va izobarik issiqlik effekti deyiladi.

1) 2) - reaksiyaning yo'nalishi (izoxorik yoki izobarik) ma'lum bo'lganligidan, sistemaning muvozanat holatiga qanday yo'llar bilan kelganligiga bog'liq emas. Shunga ko'ra, ular holat tenglamalari qo'liga funktsiyalar bo'ladi.

1.4.GESS QONUNI

Kimyoviy reaksiyalarning izoxorik yoki izobarik issiqlik effekti sistemani boshlang'ich va oxirgi holatlariga bog'liq bo'lib, jarayonning o'rinish yo'liga, qancha oraliq bosqichlar orqali horgunligiga bog'liq emas. CO_2 gazi C va O_2 dan ikki yo'l bilan: bevosita va CO - oraliq modda hosil bo'lishi orqali hosil qilinishi mumkin: bevosita



bosqichlar bilan



b va d tenglamalar qo'shilsa, a tenglama kelib chiqadi. Demak $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$ bo'ladi. Bulardan ikkitasi ma'lum bo'lsa, uchinchisini hisoblab aniqlash mumkin.

Standart issiqlik effektlari. Turli termokimyoviy hisoblar taqqovlanishida issiqlik effektlari birxil sharoitga keltirilgan bo'lishi kerak. 298K (25°C) va $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ (1atm) shunday sharoit sifatida qabul qilingan. Bu sharoitdagi issiqlik effektlari standart issiqlik effektlari deyiladi. ΔU°_{298} va ΔH°_{298} belgisi bilan beriladi va 1 mol toza moddaga nisbatan hisoblangan bo'ladi. Bu qiymatlar ko'p modda (*reaksiya*)lar uchun ma'lumotnomalarda berilgan.

Issiqlik effekti ifodalari. Molekulaning hosil bo'lish issiqligi $\Delta H_{h.o.}$ (hosil bo'lish issiqligi), yonish issiqligi $\Delta H_{y.n.}$ va reaksiya issiqligi ΔH_r .

Hosil bo'lish issiqligi- 1 mol moddaning oddiy moddalardan hosil bo'lgandagi issiqlik effekti. Yonish issiqligi $\Delta H_{y.n.}$ - 1 mol modda yonganda ajralgan issiqlikdir.

Gess qonunidan ikkita xulosa kelib chiqadi:

$$\Delta H^\circ_{r-pis} = \sum_a (n \cdot \Delta H^\circ_{h.o.})_{moh} - \sum_b (n \cdot \Delta H^\circ_{h.o.})_{dast.modda} \quad (1-11)$$

bu jarayonlar ishiqlik effekti, mahsulotlarning hosil bo'lish ishiqlik effektlari (qaytib qaytibdan shakllik) moddalarning hosil bo'lish ishiqlik effektlari qaytibdan shakllik teng. Xuddi shunday:

$$\Delta H^{\circ}_{\text{reakt}} = \sum (n \Delta H^{\circ}_{\text{f, mahsulot}})_{\text{mahsulot}} - \sum (n \Delta H^{\circ}_{\text{f, reaktant}})_{\text{reakt}} \quad (1.12)$$

Ushbu muqobilarning standart hosil bo'lish va yonish ishiqlik effektlari qaytibdan shakllik taqqoslanadi.

1.5. ISSIQLIK SIG'IMI

Issiqlik sig'imi kimyoviy reaksiyalar bilan boruvchi termodinamik jarayonlarni o'z ichiga o'z ichiga olgan kattaligidir. Bir hirik massadan iborat hirik jarayonning boshlanishi bir gradusga oshirish uchun sarflangan ishiqlik miqdori issiqlik sig'imi deb ataladi.

Farqida bir yilda atom, molyar va solishtirma issiqlik sig'imi qaytibdan shakllik taqqoslanadi. Ushbu issiqlik sig'imlarining o'lchami quyidagicha: atomlik sig'imi J/g grad , molyar sig'imi J/mol grad yoki J (*Joul*) o'rnida kaloriya qaytibdan shakllik taqqoslanadi.

Issiqlik sig'imi (*heat capacity*) buradigan jarayonlar uchun molyar izoxorik issiqlik sig'imi (C_v) va izobarik jarayonlar uchun molyar izobarik issiqlik sig'imi (C_p) taqqoslanadi. Ular orasida quyidagi bog'lanish bor:

$$\begin{aligned} C_v &= \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_v ; & C_p &= \left(\frac{\partial Q_p}{\partial T} \right)_p ; \\ C_v &= \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v ; & C_p &= \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p ; \\ C_p - C_v &= R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{grad} \end{aligned} \quad (1.13)$$

Issiqlik sig'imi haroratga bog'liq bo'lganligidan o'rta (\bar{C}) va chin (c) issiqlik sig'imi (modallari) mavjud.

Ushbu issiqlik sig'imi (\bar{C}) massa birligidagi modda T_1 dan T_2 gacha haroratga o'zgarishi (Q) harorat o'zgarishi nisbatiga teng:

$$\bar{c} = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)}, \quad Q = \bar{c}m(T_2 - T_1) \quad (1.14)$$

Mazkur massa birligidagi modda haroratini cheksiz kichik miqdorda oshirish uchun sarflangan issiqlik chin issiqlik sig'imi (C) bo'ladi:

$$C = \frac{\delta Q}{m dT}; \quad Q = m \int_{T_1}^{T_2} C dT \quad (1.15)$$

Bu ikki tenglamadan:

$$\bar{c}(T_2 - T_1) = \int_{T_1}^{T_2} C dT.$$

Demak, C dan \bar{c} ga o'tish:

$$\bar{c} = \frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} C dT. \quad (1.16)$$

\bar{c} dan C ga o'tish:

$$C = \frac{d(\bar{c}(T_2 - T_1))}{dT} \quad (1.17)$$

Amaliy hisoblar uchun issiqlik sig'imining haroratga bog'liq holda o'zgarishi empirik tenglama bilan ifodalanadi. Agar jarayonda *noorganik moddalar* ishtirok etayotgan bo'lsa

$$C_p = a + bT + \frac{c}{T} \quad \text{ga,} \quad (1.18)$$

organik moddalardan iborat bo'lsa

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3 \quad (1.19)$$

tenglamalar orqali chin issiqlik sig'imi hisoblanadi.

a, b, c, c', d — тажриба асосида топилган koeffitsiyentlarning qiymat-lari turli moddalar uchun ma'lumotnomalarda berilgan.

Ichki energiya va entalpiya, ularning o'zgarishi quyidagi tenglamalardan topilishi mumkin:

$$dU = C_v dT; \quad \Delta U = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT$$

$$dH = C_p dT; \quad \Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

$$H = U + PV; \quad dH = dU + d(PV)$$

Ideal gazlar uchun:

$$\Delta H = \Delta U + \Delta nRT, \quad \text{bunda } \Delta n = \sum n_1, M - \sum n_2, d \quad (1.20)$$

1.4.2. mahsulot va dastlabki gazsimon moddalarning mol soni.

1.6. TERMODINAMIK JARAYONLAR, ENTROPIYA VA UNI JARAYONLARDA O'ZGARISHI

Jarayonlarni sinflantishi

U o'z o'zidan boradigan va o'z-o'zidan bormaydigan jarayonlar.

Tekisdagi real jarayonlar bir tomonga yo'nalgan bo'lib, o'z- o'zidan boradi. Harorat, kichiklik natij jismdan sovuq jismga o'tadi, turli bosimdagi gazlar o'z bosimini tenglashtirmadi, elektr yuqori potentsialdan past potentsial tomon oqadi va hokazo. Bunday jarayonlarda sistema ish bajaradi. Bu jarayonlarning aksi o'zicha bormaydigan jarayonlar deyiladi. Masalan, issiqlikning sovuq jismdan issiq jismga o'tishi (muhimlikki hironki). Lekin bunday jarayonlarning borishi uchun energiya sarflanishi kerak. Demak, ularni o'zicha boruvchi jarayonlar bilan birga olib borish kerak.

Termodinamik qaytar va noqaytar (*qaytmas*) jarayonlari. Qaytar jarayonda jarayonda o'ziga sistema va sistemaning atrofi o'zining oldingi holatiga keladi. Jarayon qaytar bo'lishi uchun: a) jarayon bir yo'nalishda borib, xuddi shunday qaytishi; b) jarayonning hammasi bosqichi muvozanat holatidan cheksiz kichik farq qilishi, d) jarayonning hammasi bosqichi qaytar bo'lishi; e) qarama-qarshi kuchlarning farqi cheksiz kichik bo'lishi; f) jarayon iszligi cheksiz kichik bo'lishi kerak. Termo-dinamik qaytar jarayon ideal jarayondir (tabiatda bunday jarayon yo'q).

Lekin unga ma'lum darajada yaqinlashish mumkin. Yuqoridagi shartlar bajarilmasa, jarayon qaytmas (noqaytar) bo'ladi. Tabiatdagi jarayonlar qaytmas jarayonlardir.

Issiqlik va ishning bir-biriga aylanishi. Ish issiqlikka to'liq aylanadi, lekin issiqlik atqaga to'la o'tmaydi (faqat bir qismi o'tadi). Agar T_1 issiqlik manbayining harorati va T_2 sovitkichning harorati. Q_1 - issiqlik manbayidan ulingan va Q_2 - sovitkichga bertilgan issiqlik bo'lsa, u holda bajarilgan ish A ga teng bo'ladi:

$$A=Q_1-Q_2. \quad (1.21)$$

Ushundan foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \leq \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (1.22)$$

Tenglik alomati qaytar va tengsizlik ishorasi qaytmas jarayon uchun xosdir.

Entropiya (S). Entropiya izolirlangan sistemada boradigan jarayonlar uchun qo'llaniladi. Entropiya holat funksiyasi bo'lib (to'liq funksiya), uning o'zgarishi bir sistemaning dastlabki va oxirgi holatiga bog'liq, jarayonning tabiatiga bog'liq emas. Uning o'zgarishi qaytar va qaytmas jarayonda bir xil bo'ladi va hisoblarda qaytmas jarayon tenglamasidan foydalanish mumkin.

Termodynamika birinchi va ikkinchi qonunlarining umumlashgan ifodasi quyidagicha ayoziladi:

$$TdS \geq dU + \delta A$$

yoki

$$TdS \geq dU + PdV$$

"=" ishorasi qaytar va ">" ishorasi qaytmas jarayonlarga ma'iusub. $S_1 = S_2$ va qaytmas jarayonlar entropiyaning ortishitomon boradi ($S_2 > S_1$). Entropiya maksimum qiymatga ega bo'lganda muvozanat qaror topadi:

$$\Delta S = 0; d_1 S < 0. \quad (1.23)$$

Entropiyaning turli jarayonlarda o'zgarishi quyidagicha hisoblaniladi:

a) izotermik ($T = const$) jarayonlarda — fizikaviy o'zgarishlarda bir agregat holatdan boshqa agregat holatga o'tish va hokazo jarayonlarda n mol modda uchun entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = n \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} n \int_1^2 \delta Q \quad (1.24)$$

$Q, \Delta H$ - o'tish issiqliklari; T - o'tish harorati;

b) izobarik ($p = const$) jarayonda n mol modda T_1 dan T_2 gacha isitilganda, agar bitta modda bo'lsa:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = n \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T} \quad (1.25)$$

reaksiya uchun esa:

$$\Delta S = n \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T}$$

$$\text{va } C_p = (\sum n_i C_{p,i})_{\text{moli}} - (\sum n_i C_{v,i})_{\text{moli}}$$

1.2.1. *isobarlikning* taʼsirlik sighthi yig'indisidan dastlabki moddalar issiqlik taʼsirlik sighthi natijasiga teng.

Ushbu taʼsirlik sighthi natijasiga bog'liq emias, ya'ni turg'un deb faraz qilinsa:

$$\Delta S = n \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T} = 2.3n C_p \lg \frac{T_2}{T_1} \quad (1.26)$$

1.2.2. *isobarlik* ($p = \text{const}$) ga'ni haroratga bog'liq bo'lsa:

$$C_p = a + bT + cT^2 + \dots$$

$$\begin{aligned} \Delta S &= n \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T} = n \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T} (a + bT + cT^2) dT = \int_{T_1}^{T_2} \frac{a dT}{T} + (bT + cT^2) = \\ &= 2.3n \lg \frac{T_2}{T_1} + b(T_2 - T_1) + \frac{c}{2} (T_2^2 - T_1^2) \end{aligned} \quad (1.27)$$

1.2.3. *isobarlik* ($p = \text{const}$) da T_1 dan T_2 gacha isitilganda hajmi V_1 dan V_2 gacha kengaysa, entropiyaning o'zgarishi quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta S = 2.3n C_p \lg \frac{T_2}{T_1} = 2.3nR T \lg \frac{V_2}{V_1} \quad (1.28)$$

1.2.4. T_1 harorat o'zgarishi bilan o'zgarsa, ya'ni $C_p = a + bT + cT^2$ teng bo'lsa, entropiyaning o'zgarishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta S = 2.3n C_p \lg \frac{T_2}{T_1} + nb(T_2 - T_1) + \frac{nc}{2} (T_2^2 - T_1^2) + 2.3nR \lg \frac{V_2}{V_1} \quad (1.29)$$

1.2.5. *isobarlik* ($T = \text{const}$) ravishdagi dan J gacha kengaysa:

$$\Delta S = 2.3R \lg \frac{V_2}{V_1} \quad (1.30)$$

1.2.6. *isobarlik* ($T = \text{const}$) da T_1 dan T_2 ga o'zgarsa:

$$\Delta S = 2.3n C_p \lg \frac{T_2}{T_1} = 2.3nR \lg \frac{p_2}{p_1} \quad (1.31)$$

1.2.7. *isobarlik* ($T = \text{const}$) da ideal gaz p_1 dan p_2 gacha siqilsa:

$$\Delta S = 2.3nR \lg \frac{p_2}{p_1} \quad (1.32)$$

yoki :

$$S = 2.3nR \lg \frac{T_2}{T_1} + nR (T_2 - T_1) + \frac{nC}{2} (T_2^2 - T_1^2) + 2.3 nR \lg \frac{p_2}{p_1} \quad (1.33)$$

Agar $T = \text{const}$ da hajm va bosim o'zgarsa, $V_1 \rightarrow V_2$; $p_1 \rightarrow p_2$

$$\Delta S = 2.3nCv \lg \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} \quad (1.34)$$

Agar $T = \text{const}$ va $p = \text{const}$ da V_1 va V_2 hajmdagi ideal gazlar diffuziyalanib, hajm $V = V_1 + V_2$ gacha kengaysa:

$$R(n_1 \lg \frac{V}{V_1} + n_2 \lg \frac{V}{V_2}) = \Delta S \quad (1.35)$$

$$\text{yoki } \Delta S = -2.3R(n_1 + n_2)(N_1 \lg N_1 + N_2 \lg N_2) \quad (1.36)$$

hunda: n_1 ; n_2 - gazlarning mol soni; N_1 ; N_2 - molyar qismlari.

1.7. TERMODINAMIKANING II QONUNI

Yuqorida bayon etilganidek, entropiyaning qiymati isitkichdan olingan (yoki sovutkichga berilgan) issiqlik miqdoriga va bu jarayon qaysi haroratta borganligiga bog'liq, ya'ni $S = \Phi(Q, T)$. Bu bog'lanish turli jarayonlar uchun turli ko'rinishda ifodalanadi. *Karno* sikliga ko'ra qaytar jarayonlarda bu bog'lanish

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \quad (1.37)$$

yoki

$$\delta Q = T dS \quad (1.38)$$

shaklida ifodalanadi.

(1.3) va (1.38) tenglamalaridan I va II qonunlarning umumlashgan tenglama-si kelib chiqadi:

$$\boxed{TdS > dU + PdV} \quad (1.39)$$

Umuman, jarayonning bajargan ishi foydali ishdan va kengayishi mexanik ishdan iborat bo'lishi mumkin:

$$\delta A = \delta A + PdV$$

bu yerda: A' - foydali ish, PdV - kengayishning mexanik ishi. (1.39.) tenglamadan:

$$\delta A \leq TdS - dU \quad (1.40)$$

bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, bir xil isitkich va sovutkich orasida qaytar va qaylinas ravishda ishlaydigan mashina ishlasa, qaytar ishlovchi mashina ko'p ish bajaradi va bu ish maksimum A_{max} deyiladi. Shunga ko'ra, mashinaning FIK ni oshirish uchun, mumkin qadar qaytar tarzda ishlatisga intilish kerak. A qaytmas ishlovchi mashinaning bajaragan ishi bo'lsa:

$$\alpha = \frac{A}{A_{max}} \leq 1 \quad (1.41)$$

Oddiy moddalarning entropiyasi no'lga teng emas. Kimyoviy reaksiyalarda ΔS ning o'zgarishi standart sharoitda ($T=298K$, $P=101,3 \text{ kPa}$) hosil bo'lgan mahsulotlarning entropiyalari yig'indisidan dastlabki moddalar entropiyalarining ayirmasiga teng bo'ladi. Entropiya izolirlungan sistemalarda jarayonning o'z-o'zidan sodir bo'lish mezon xisoblanadi.

1.8. TERMODINAMIK FUNKSIYALAR (GIBBS VA GELMGOLS ENERGIYALARI)

Izotermik potensllar (F, G). Gelmgols funksiyasi.

Jarayonning yo'nalishi va termodinamik muvozanat shartini izotermik-izoxorik ($T = const$, $V = const$) jarayonlarda Gelmgols funksiyasi (F) ning o'zgarishi ko'rsatadi:

$$G' = U - TS \quad (1.42)$$

Qaytar jarayonda bajarilgan maksimal ish (A_{max}) Gelmgols funksiyasining kamayishiga teng:

$$A_{max} = -\Delta F \quad (1.43)$$

Qaytar jarayonda F o'zgarmaydi ($F_1 = F_2$). Qaytmas jarayon $F_1 > F_2$ potensialning kamayishi tomoniga boradi:

$$\Delta F < 0. \quad (1.44)$$

« \rightarrow » alomati qaytar va « \leftarrow » alomati qaytmas jarayonga mansub. Muvozanat holatida F minimum qiymat bo'ladi:

$$dF = 0, \quad d^2F > 0 \quad (1.45)$$

$$F = U - TS; \quad dF = dU - TdS - SdF \quad (1.46)$$

Agar dU qiymati (1.7) tenglamadan $dU = TdS - pdv$ ga qo'yilsa:

$$dF = -SdT - pdv$$

va

$$\left(\frac{dF}{dT}\right)_v = -S; \quad \left(\frac{dF}{dv}\right)_T \quad (1.47)$$

n - mol ideal gaz izotermik ravishda V_1 dan V_2 hajmgachakengayganda va $T = const$ bo'lganda:

$$dF = -pdv = -\frac{RT}{v}dv \quad (1.48)$$

$$\Delta F = 2,3nRT \lg \frac{V_2}{V_1} + 2,3nRT \lg \frac{p_2}{p_1} \quad (1.49)$$

F standart qiymatini (ΔF_{298}^0) standart kattaliklardan hisoblash:

$$\Delta F_{298}^0 = \Delta U_{298}^0 - T \Delta S_{298}^0 \quad (1.50)$$

$$\Delta U_{298}^0 = (\sum n \Delta U_{298}^0)_{mahs} - (\sum n U_{298}^0)_{d.m.}$$

$$\Delta S_{298}^0 = (\sum n \Delta S_{298}^0)_{mahs} - (\sum n S_{298}^0)_{d.m.}$$

bunda: mahs - mahsulot; d.m. - dastlabki moddalar.

Gibbs funksiyasi (potensial). Izotermik-izobarik jarayonlarda ($T=const$ va $p=const$) jarayunning yo'nalishi va muvozanat shartini Gibbs funksiyasi (G) ning o'zgarishi ko'rsatadi:

$$G = U - TS + pV - F + pV \quad (1.51)$$

Isotermik-izobarik ravishda boradigan qaytarjarayondabajarilgan maksimal ish

$$\text{jarayonda } A_{\max} = -\Delta G \quad (1.52)$$

$$\Delta G \leq 0 \quad (1.53)$$

bu'lar

« \leftarrow » ishorasi qaytar va « \leftarrow » ishorasi qaytmas jarayonga mansub, ya'ni qaytar jarayonda $G_1 = G_2$ va qaytmas jarayonda kamayadi ($G_1 < G_2$).

U minimum qiymatida muvozanat qaror topadi:

$$dG = 0; d^2G > 0. \quad (1.54)$$

$$G = U - TS + pV; dG = dU - TdS - SdT - pdV + Vdp.$$

Uning qiymati (1.5) tenglamadan olib qo'yilsa:

$$dG = -SdT - pdV$$

U tenglamadan:

$$\left(\frac{dG}{dp}\right)_T = V \quad (1.55)$$

$$\left(\frac{dG}{dT}\right)_p = -S \quad (1.56)$$

$$dG = -SdT + Vdp = SdT + \frac{RTdp}{p} \quad (1.57)$$

$$\Delta G = 2,3nRT \lg \frac{p_2}{p_1}. \quad (1.58)$$

Ushbu energiyasining standart qiymati (ΔG_{298}^0) ni standart kattaliklardan hisoblash:

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T \Delta S_{298}^0 \quad (1.59)$$

$$\Delta H_{298}^0 = (\sum n \Delta H_{298}^0)_M - (\sum n \Delta H_{298}^0)_{d.m.}$$

$$\Delta S_{298}^0 = (\sum n \Delta S_{298}^0)_{mahs.} - (\sum n \Delta S_{298}^0)_{d.m.}$$

1.9. KIMYOVIY POTENSIAL

KLAUZIUS-KLAPEYRON TENGLAMASI

Kimyoviy potensial moddalarning fazalar bo'yicha taqsimlanishini ko'rsatadi. Bir moddaning kimyoviy potentsiali μ_i

$$\mu_i = \left(\frac{\partial F}{\partial n_i}\right)_{T, p} = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i}\right)_{T, p} \quad (1.60)$$

$$\mu_i = RT \ln p; \mu = \mu_{298}^0 + RT \ln p. \quad (1.61)$$

$$\sum \mu_i dn_i = 0. \quad (1.62)$$

Bu tenglama izotermik jarayonlarda moddalarning fazalar bo'yicha taqsimlanishining muvozanat shartidir. Demak, jarayon har qaysi moddaning fazadagi kimyoviy potentsiali tenglashishi tomon boradi va ularning fazalar bo'ylab kimyoviy potentsiallari tenglashganda muvozanat qarortopadi.

KLAUZIUS-KLAPEYRON TENGLAMASI. Bu tenglama bug' bosimi-ning harorat ta'sirida o'zgarishini va bir fazadan o'tishda harorat (*muclash, qaynash, haydallish, qattiq moddalarning bir holatdan ikkinchi holatga o'tish va hokazo*) bosimga bog'liq holda o'zgarishini ifodalaydi.

Agar biror toza modda bir agregat holatdan ikkinchi agregat holatga yoki bu shakldan ikkinchishaklga o'tayotgan jarayon termodinamik qaytar bo'lsa, bu moddaning ikki holatdagi kimyoviy potentsiali (1.55) va (1.57) tenglamalarga muvofiq quyidagicha bo'ladi:

$$d\mu^{(1)} = -S^{(1)}dT + V^{(1)}dP$$

$$d\mu^{(2)} = -S^{(2)}dT + V^{(2)}dP$$

1 va 2 fazalarning tartib soni. Fazalar muvozanatda bo'lganda:

$$d\mu^{(1)} = d\mu^{(2)}$$

va demak:

$$\left[S^{(2)} - S^{(1)}\right]dT = \left[V^{(2)} - V^{(1)}\right]dP \quad (1.63)$$

$$\text{va } \frac{dS}{dV} = \frac{dP}{dT} \quad (1.64)$$

fazoviy o'zgarishlar izotermik ravishda borganligidan (1.29) tenglamaga muvofiq:

$$dS = \frac{dH}{T} \quad (1.65)$$

bu holda. Bu yerda: ΔH - molyar bug'lanish issiqligi; T - bug'lanish harorati. (1.63) va (1.64) tenglamalardan:

$$dH = T \frac{dT}{dT} \Delta V \quad (1.66)$$

$$\text{yoki} \quad dH = T \frac{dP}{dT} (V_2 - V_1) \quad (1.67)$$

olib chiqildi. Bu tenglama *Klauzius-Klapeyron tenglamasi*dir.

V_2 yuqori va V_1 past haroratdagi holatga mansub solishtirma hajm. (1.67)

tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

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

Demak, bu tenglama bir agregat holatdan boshqa agregat holatga o'tish haroratlari (*suyuqlanish, qaynash, haydash haroratlari*), allotropik o'tish harorati bilan o'zgarishini miqdoriy ifoda qiladi. Demak, $\frac{dT}{dP}$ alomati $V_2 - V_1$ bilan bog'lanadi. *Masalan*, bug'lanish jarayonida ΔH - molyar bug'lanish issiqligi, V_2 - suvning va V_1 - suyuqlikning hajmi. $V_2 > V_1$ va $(V_2 - V_1) > 0$, yoki $\frac{dT}{dP} \geq 0$ *ho'ladi*, ya'ni suvning qattiq holati bilan qaynash harorati ham ortadi. Suyuqlanish jarayonida ΔH - molyar eriyish issiqligi, V_2 - suyuqlikning va V_1 - qattiq moddaning hajmi. Aksari $V_2 > V_1$ va $(V_2 - V_1) > 0$ va $\frac{dT}{dP} \geq 0$. Lekin ba'zan suv, vismut kabi modda-larda anomal holatlar ham uchraydi. *Masalan*, suv uchun $V_1 > V_2$ ya'ni muzning solishtirma hajmi suvning solishtirma hajmidan katta va shunga ko'ra $(V_2 - V_1) < 0$ va demak $\frac{dT}{dP} \leq 0$, ya'ni suvning eriyishi bilan suyuqlanish harorati pasayadi. Kritik haroratdan uzoqda, suvning solishtirma hajmi (V_b) suyuqlik hajmidan V_1 ko'p marta katta ho'ladi, ya'ni $V_2 > V_1$. *Masalan*, normal sharoitda 18 g suvning hajmi 18 sm³ bo'lsa, 18 g bug'ning hajmi 16,1 litrga teng. Shunga ko'ra,

$V_2 - V_1 = V_b - V_1$ qabul qilib, (1.63) tenglamada

$$\Delta H = T \frac{dP}{dT}; \quad (1.68)$$

deb qabul qilish mumkin. V_0 -bug'ning hajmi. Agar bug' ideal gazlar qonuniga boysunadi deb faraz qilinsa, $V = \frac{RT}{P}$ bo'ladi. V - ning bu qiymati 1.68. tenglamaga qo'yilsa:

$$\Delta H = RT^2 \frac{dP}{P} dT \quad (1.69)$$

va bu tenglama integrallansa (H - harorat ta'sirida o'zgarmaydi deb faraz qilinsa):

$$\ln P = B' - \frac{\Delta H}{RT} \quad (1.70)$$

$$\lg P = B - \frac{\Delta H}{2.3RT} \quad (1.71)$$

Bu Klauzius-Klapeyronning tajribiy tenglamasi bo'lib, bug'ning bosimi haroratga bog'liq holda o'zgarishini miqdoriy jihatdan ifoda etadi. Bu tenglamaga muvofiq, ordinatalar o'qiga $\lg P$, absissalar o'qiga $\frac{1}{T}$ qiymatlar qoyilsa, to'g'ri chiziq hosil qilinadi. Bu chiziqda $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta H}{2.3R}$ va bundan

$$\Delta H = 2.3R \operatorname{tg} \alpha R \quad (1.72)$$

bo'lganligidan, harorat o'zgarishi bilan bug' bosimining naqadar keskin yoki sust o'zgarishi molyar o'tish issiqlik qiymatiga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, $\operatorname{tg} \alpha$ orqali molyar bug'lanish issiqlik ΔH qiymatini hisoblab topish mumkin.

**KIMYOVIY TERMODINAMIKANI I VA II QONUNLARI
VA TERMOKIMIYODAN AMALIY MASHG'ULOTLAR
(MISOL VA MASHQLAR)**

1. Ammiak (NH_3)ning 200-300 Kharorat oralig'idagi o'rtacha mol issiqlik sig'imini toping. Bunda moddaning chin issiqlik sig'imini shuharoratlari o'zgarishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi.

$$C_p = 24,8 + 37,5 \cdot 10^{-3} \cdot T - 7,36 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}.$$

Yechish: O'rtacha mol issiqlik sig'imi (1.16) va (1.17) tenglamalarini o'rtaborga olib hisoblanadi:

$$\bar{C} = a + \frac{1}{2}(T_2 + T_1)b + \frac{1}{3}(T_2^2 + T_1T_2 + T_1^2)c$$

Bundan

$$\bar{C} = 24,8 + \frac{1}{2}(300 + 200) \cdot 37,5 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{3}(300^2 + 200 \cdot 300 + 200^2) \cdot 7,36 \cdot 10^{-6} = 33,7 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}.$$

2. Uglarod (II) oksidining 0°C dan 1000°C gacha bo'lgan harorat oralig'idagi o'rtacha issiqlik sig'imi (massali) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$C_p = 0,8497 + 0,0328T - 0,077 \cdot T^2$$

Shu moddaning 200°C dagi chin molyar va massaviy issiqlik sig'imini toping.

Yechish: (1.19) tenglama integrallansa o'rtacha issiqlik sig'imi

$$\bar{C} = a + \frac{b}{2}(T_2 + T_1) + \frac{cT}{2,1,1} \text{ ga ega bo'lamiz.}$$

O'rtacha issiqlik sig'imi yordamida harorat 0 da T gacha bo'lgan sharoit uchun chin issiqlik sig'imini topish uchun o'rtachani T ga ko'paytirib va T bo'yicha differentsiyallanadi:

$$C_{chin} = (d / dT)(\bar{C} \cdot T).$$

Agarda harorat Selsiyda berilgan bo'lsa

$$C_{chin} = (d / dT)(\bar{C} \cdot t) \text{ bo'ladi.}$$

Shu tenglamaga ko'ra

$$C_p = 0,8497 + 2 \cdot 0,03284 \cdot 200 - 3 \cdot 0,077 \cdot 200^2 = 0,9549 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$$

$$C_p = 0,9549 \cdot 44 = 42,02 \text{ kJ/(kmol}\cdot\text{K)}$$

3. Kislorodni o'rtacha molyar issiqlik sig'imi o'zgarmas bosim va harorat 0-150°C oralig'ida bo'lganida quyidagi tenglama bilan ifodalanadi

$$\bar{C} = 29,58 + 0,0034 \cdot t \text{ kJ/(kmol}\cdot\text{K)}$$

Kislorodning 1000°C haroratdagi molyar, massaviy va hajmiy issiqlik sig'im-larini toping.

Yechish: Harorat 0-1000°C oralig'idagi o'rtacha molyar issiqlik sig'imi teng

$$\bar{C}_p = 29,58 + 0,0034 \cdot 1000 = 32,98 \text{ kJ/(kmol}\cdot\text{K)}$$

Uning o'rtacha massaviy issiqlik sig'imi

$$\bar{c}_p = \frac{C_p}{M_{O_2}} = \frac{32,98}{32} = 1,03 \text{ kJ/(kmol}\cdot\text{K)}$$

Uning hajmiy issiqlik sig'imi

$$\bar{C}' = \frac{C_p}{22,4} = \frac{32,98}{22,4} = 1,472 \text{ kJ/(m}^3\cdot\text{K)}$$

ga teng bo'ladi.

$C_p - C_v = R$ tenglama yordamida kislorodni hajm o'zgarmas bo'lgandagi o'rtacha molyar issiqlik sig'imini hisoblaymiz:

$$\bar{C}_v = \bar{C}_p - R = 32,98 - 8,31 = 24,67 \text{ kJ/(kmol}\cdot\text{K)}$$

4. Vodородning 400-500°C harorat oralig'idagi o'rtacha molyar issiqlik sig'imini toping.

$$C_p = 27,28 + 3,26 \cdot 10^{-3} T + 0,502 \cdot 10^{-5} \cdot T^{-2} \text{ ga teng.}$$

Yechish: Yuqorida keltirilgan (1.15) va (1.17) tenglamalarga ko'ra o'rtacha molyar issiqlik sig'imi teng

$$\bar{C} = a + \frac{b}{2} (T_2 + T_1) + \frac{C'}{T_2 \cdot T_1}$$

Demak,

$$\bar{C}_{p(H_2)} = 27,28 + \frac{3,26 \cdot 10^{-3}}{2} (773 + 673) + \frac{0,502 \cdot 10^{-5}}{773 \cdot 673} = 29,73 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

5. Tarkibi (%) quyidagicha bo'lgan qotishmaning massaviy issiqlik sig'imini hisoblang:

Bi-50,7; Pb-25,0; Cd-10,1; Sn-14,2.

Bunda C_p^{298} (kJ/kg·K) vismut uchun 0,122, qo'rg'oshin uchun 0,129; kadmiy uchun 0,231, qalay uchun 0,221 ga teng.

Yechish: Qotishmaning massaviy issiqlik sig'imi $C_{modda} = \sum n_i C_i$ tenglama orqali ifodalab qilinadi.

bunda C_{modda} – qattiq modda issiqlik sig'imi;

n -elementlarni mol qismi;

C_i -shu elementni birikmadagi issiqlik sig'imi.

Shunga ko'ra

$C_p = 0,507 \cdot 0,122 + 0,25 \cdot 0,129 + 0,101 \cdot 0,231 + 0,142 \cdot 0,221 = 0,148$ kJ/(kg·K) ga teng bo'ladi.

6. Miqdori 100 gr bo'lgan CO_2 ni $15^\circ C$ dan $100^\circ C$ gacha o'zgarmas hajmda qizdirish uchun yutiladigan issiqlik miqdorini toping, agar

$$C_{p(CO_2)} = 27,24 + 0,00809 \cdot t \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \text{ ga teng bo'lsa.}$$

Yechish: Buning uchun

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} (a + bt + ct^2 + \dots) dt$$

tenglamadan foydalanamiz.

$$\begin{aligned} Q &= \frac{100 \text{ gr}}{44} \int_{15}^{100} (27,24 + 0,00809 \cdot t) dt = \\ &= \frac{100}{44} \left[27,24(100 - 15) + \frac{0,00809}{2} (100^2 - 15^2) \right] = 5353 \text{ J} \end{aligned}$$

7. Ammoniy xloridni (NH_4Cl) integral erish issiqlik effektini toping. Bunda 1,473 gr. tuz 528,5 gr. suvda eritilganida harorat $0,174^\circ C$ ga pasaygan. Moddaning massaviy issiqlik sig'imi (C_p) $4,109$ J/(g·K) ga va kalorimetrni issiqlik sig'imi (C_{kal}) $181,4$ J/k ga teng.

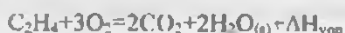
Yechish: Kimyoviy biror tuzni erituvchida eritishda hosil bo'luvchi integral erish issiqlik effekti quyidagi tenglama orqali hisoblanadi:

$$\Delta H_{erish} = \frac{(C_p \cdot m + C_{kal}) \cdot \Delta t \cdot M}{q}$$

bunda $m = 528,5 + 1,473 = 530$ gr.-umumiy og'irlik; $\Delta t = 0,174^\circ\text{C}$.

$$\text{Shunga ko'ra } \Delta H_{\text{erish}} = \frac{(4,109 \cdot 530 + 181,54)(-0,174) - 53,5}{1,473 \cdot 1000} = -15,11 \text{ kJ/mol.}$$

8. Etilenni yonish issiqlik effektini hisoblang:



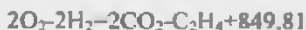
Buning uchun quyidagi berilganlardan foydalaning:



Yechish: Etilenni yonish issiqlik effektini hisoblashda berilgan reaksiyalardan foydalanamiz. Buning uchun (b) reaksiyani 2 ga ko'paytirib (a) reaksiyani ayiramiz, ya'ni



Olingan natijani har bir hadi bo'yicha (c) reaksiya bilan oldindan 2 ga ko'paytirib qo'shamiz.

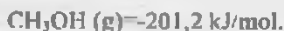


Demak, etilenni yonish issiqlik effekti $\Delta H_{\text{yon}} = 1419,61 \text{ kJ/mol}$.

9. Quyida berilgan reaksiyaning o'zgarmas bosimda issiqlik effektini haroratga bog'liqligini aniqlang:



Bunda ishtirok etayotgan dastlabki moddalar va mahsulotni standart hosil bo'lish issiqligi mos ravishda teng: $\text{CO}(\text{g}) = -110$;



Shu bilan birga moddalarning issiqlik sig'imini harorat bo'yicha o'zgarish funksiyalari quyidagichadir:

$$C_{p,H_2} = 27.28 + 3.26 \cdot 10^{-3} T^{-2} \text{ J/mol} \cdot \text{grad}$$

$$C_{p,CH_3OH} = 15.28 + 105.2 \cdot 10^{-5} T^{-2} \text{ J/mol} \cdot \text{grad}$$

Shuningdek berilgan kimyoviy reaksiyani o'zgarmas bosim va 500 K haroratdagi issiqlik effektini toping.

Yechish:

1) Birinchi navbatda ΔC_p qiymatini topamiz. Buning uchun berilgan C_p lardan foydalanamiz:

$$\Delta a = 15.28 - 28.41 - 2 \cdot 27.28 = -67.69$$

$$\Delta b = 105.2 \cdot 10^{-5} - 4.10 \cdot 10^{-3} - 2.3 \cdot 10^{-3} = 94.58 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta c = 31.04 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta d = 0.46 \cdot 10^5 - 2 \cdot 0.502 \cdot 10^5 = -0.544 \cdot 10^5$$

$$\text{Demak: } \Delta C_p = -67.69 + 94.58 \cdot 10^{-5} T - 31.04 \cdot 10^{-6} T^2 - 0.544 \cdot 10^5 T^{-2}$$

2) Reaksiyani standart holatidagi (298K) issiqlik effektini aniklaymiz (Gess qonuniga binoan)

$$\Delta H_{298}^\circ = \Delta H^\circ - 201.2 + 110.5 = -90.7 \text{ kJ yoki } 90700 \text{ J}$$

3) Issiqlik effektini harorat ta'siriga funktsiya (bog'liqligi) dan

$$\Delta H = \Delta H^\circ - 67.69 \cdot T + \frac{94.58}{2} \cdot 10^{-5} T^2 - \frac{31.04}{3} \cdot 10^{-6} T^3 - 0.544 \cdot 10^5 T^{-1} \text{ kelib chiqadi.}$$

4) ΔH ni bu qiymati yordamida ΔH° ni topamiz

$$\Delta H^\circ = -90700 + 67.69 \cdot 298 - \frac{94.58}{2} \cdot 10^{-5} \cdot 298^2 + \frac{31.04}{3} \cdot 10^{-6} \cdot 298^3 - 0.544 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{298} = -74540 \text{ J}$$

$$\Delta H = -74540 - 67.69 \cdot T + \frac{94.58}{2} \cdot 10^{-5} T^2 - \frac{31.04}{3} \cdot 10^{-6} T^3 + 0.544 \cdot 10^5 T^{-1}$$

5) Shunga ko'ra reaksiya 500 K dagi ΔH_{ni} hisoblaymiz

$$\Delta H_{500}^{\circ} = -74540 - 67.69 \cdot 500 + \frac{94.58}{2} \cdot 10^{-3} \cdot 500^2 - \frac{31.04}{3} \cdot 10^{-6} \cdot 500^3 + 0.544 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{500} = -97750 \text{ yoki } -97.75 \text{ kJ}$$

Reaksiyaning 500 K dagi issiqlik effektini

$$\Delta H_T = \Delta H^{\circ} + \Delta a \cdot T + \frac{1}{2} \Delta b \cdot T^2 + \frac{1}{3} \Delta c \cdot T^3 - \Delta c' \cdot \frac{1}{T}$$

Tenglamasi yordamida ham hisoblash mumkin

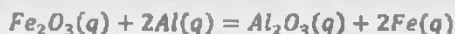
$$\Delta H_{500}^{\circ} = -90700 - 67.69(500-298) + \frac{94.58}{2} \cdot 10^{-3}(500^2-298^2) - \frac{31.04 \cdot 10^{-6}}{3}(500^3-298^3) - 0.544 \cdot 10^5 \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{298} \right) = -97750 \text{ J}$$

10. Metil spirtini 298 K dagi kJ/mol ga teng issiqlik effekti 37.4 haroratdagi bug'lanish issiqligini hisoblang. Bunda suyuq va gaz holatidagi metil spirtini mol issiqlik sig'imi mos ravishda 81.6 va 43.9 J/mol ga teng.

Yechish: Kirxgoff tenglamasiga binoan

$$\begin{aligned} \Delta H_{2(bug')} &= \Delta H_{1(bug')} + \int_{298}^{323} \Delta C_p dt = \\ &= 37400 + \int_{298}^{323} (43.9 - 81.6) \cdot dt = 36460 \text{ J/mol yoki } 36.46 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

11. Harorat qiymati 650°C bo'lgan sharoitda boruvchi quyidagi reaksiyani issiqlik effektini hisoblang:



Buning uchun moddalarni issiqlik sig'imlarini quyidagi berilgan :

$$C_{p(Al)} = 0.745 + 44.98 \cdot 10^{-5} T \text{ J/(gr} \cdot \text{grad)},$$

$$C_{p(Al_2O_3)} = 1.082 + 17.4 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ J/(gr} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p(Fe)} = 0.31 + 48 \cdot 10^{-5} T \text{ J/(gr} \cdot \text{grad)},$$

$$C_{p(Fe_2O_3)} = 0.647 + 42.1 \cdot 10^{-5} T - 11.1 \cdot 10^3 T^2 \text{ J/(gr} \cdot \text{grad)};$$

Ushbu reaksiyaning standart issiqlik effekti $-1698 \cdot 10^6 \text{ J/kmol}$ ga teng.

Yechish: Issiqlik sig'imini $\text{J/kmol} \cdot \text{grad}$ o'lchov birligiga o'tkazamiz. Buning uchun C_p larni har bir had qiymatini tegishli moddani molekulyar massasiga ko'paytiramiz, u holda

$$C_{p(\text{Al})} = 20.2 \cdot 10^3 + 1213 \cdot 10^{-2}T \text{ J/(kmol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p(\text{Al}_2\text{O}_3)} = 110 \cdot 10^3 + 1775 \cdot 10^{-2}T - 3100 \cdot 10^6 T^2 \text{ J/(kmol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p(\text{Fe})} = 17.35 \cdot 10^3 + 2680 \cdot 10^{-2}T \text{ J/(kmol} \cdot \text{grad)}.$$

$$C_{p(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = 103.5 \cdot 10^3 + 6730 \cdot 10^{-2}T - 1775 \cdot 10^6 T^2 \text{ J/(kmol} \cdot \text{grad)};$$

Kirxgoff qonuni tenglamasiga muvofiq berilgan reaksiyani (ΔH_{923}) issiqlik effekti teng bo'ladi:

$$\Delta H_{923} = \Delta H_{298}^0 + \Delta a(T - 298) + \frac{\Delta b}{2}(T^2 - 298^2) \Delta c' \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)$$

Demak Δa ; Δb va Δc koeffitsientlar ayirmalari aniqlanadi. Yuqoridagilarga ko'ra

$$\Delta a = 0.8 \cdot 10^3; \Delta b = 2021 \cdot 10^{-2}; \Delta c' = 1325 \cdot 10^6(-1) \text{ bo'ladi.}$$

Shunga ko'ra

$$\begin{aligned} \Delta H_{923} &= 1698 \cdot 10^6 + 0.8 \cdot 10^3 \cdot 625 + 1010 \cdot 10^{-2} \cdot 7.64 \cdot 10^5 - \\ &- 1325 \cdot 10^6 \cdot 2.38 \cdot 10^{-3} = -1690 \cdot 10^6 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

12. Hajmi 0.1 m^3 bo'lgan idishda kislorod va hajmi 0.4 m^3 ikkinchisida idishda azot joylashtirilgan. Shu ikkala idishlarda bosim $1.013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ga $1(\text{Pa})$ ca harorat 17°C ga teng. Ikkala gaz o'zgarmas bosim va haroratda o'zgartirish qiymatini toping. Gazlarni ideal gaz qonuniga boysunadi deb hisoblash mumkin.

Yechish: Bosim va harorat turg'un qiymatga ega bo'lgan diffuzionlanish jarayonidagi entropiya qiymatini quyidagi tenglama orqali hisoblanadi

$$\Delta S = 2.303R \left(n_1 \lg \frac{V}{V_1} + n_2 \lg \frac{V}{V_2} \right).$$

Mendelev – Klaperon tenglamasiga ($pV = nRT$) binoan gazlami molyar miqdori (n) ni topamiz:

$$n_{O_2} = \frac{1.013 \cdot 10^5 \cdot 0.1}{8.314 \cdot 290} = 4.2 \text{ mol};$$

$$n_{N_2} = \frac{1.013 \cdot 10^5 \cdot 0.4}{8.314 \cdot 290} = 16.8 \text{ mol}.$$

Demak,

$$\Delta S = 2.3 \cdot 8.314 \left(4.2 \lg \frac{0.5}{0.1} + 16.8 \lg \frac{0.5}{0.4} \right) = 91.46 \text{ J/grad}$$

13. Turg'un bosimda 1 kmol kaliy bromid 300 dan 400 K gacha isitilganda entropiya qanchaga o'zgaradi? Qattiq holdagi kaliy bromidning solishtirma issiqlik sig'imi harorat bilan quyidagi tenglamaga muvofiq o'zgaradi:

$$c_p = 40.4 \cdot 10^{-2} + 12.8 \cdot 10^{-3} T \text{ J/g} \cdot \text{grad}.$$

Yechish. Bu holda entropiyaning o'zgarishi (III. II) tenglamaga muvofiq:

$$\Delta S = n \int_{T_1}^{T_2} C_p \frac{dT}{T}$$

Masala shartiga muvofiq $n=1$. $M_{KBr} = 39 + 80 = 119$.

1 kmol KBr uchun molar issiqlik sig'imi

$$C_p = c_p \cdot M = (40.4 \cdot 10^{-2} + 12.8 \cdot 10^{-3} T) 119 \cdot 10^3.$$

Demak,

$$\Delta S = \int_{300}^{400} \left(\frac{40.4 \cdot 10^2 + 12.8 \cdot 10^3 T}{T} \right) 119 \cdot 10^3 \cdot dT = 119 \cdot 10^9 \int_{300}^{400} \left(\frac{40.4 + 10^{-2} dT}{T} \right) =$$

$$= 119 (2.3 \cdot 40.4 \lg \frac{400}{300} + 12.8 (400 - 300)) = 248.500 \text{ J/kmol} \cdot \text{grad}$$

14. 2 mol metan turg'un haroratda, $p_1 = 101.3 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ dan $p_2 = 1.013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ gacha bosimda kengayganda entropiyaning o'zgarishini aniqlang.

Yechish. (I.17) ga muvofiq harorat turg'un bo'lganida:

$$\Delta S = -2.3 n R \lg \frac{p_2}{p_1} = 2.3 n R \lg \frac{p_1}{p_2}$$

Demak:

$$\Delta S = 2 \cdot 2.3 \cdot 8.314 = \lg \frac{101.3 \cdot 10^3}{1.013 \cdot 10^5} = 76.4 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}.$$

15. $1,013 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ bosimda 2g suv 0°C dan 150°C gacha isitilganda entropiyaning o'zgarishini aniqlang. Suvning bug'lanish yashirin issiqligi $\Delta H = 2,255 \text{ kJ/g}$. Iluq'ning issiqlik sig'imi haroratga bog'liq ravishda quyidagicha o'zgaradi:

$$C_p = 30,13 + 11,3 \cdot 10^{-3}T; \text{ J/mol} \cdot \text{grad}.$$

Suvning issiqlik sig'imi turg'un deb faraz qilinsin va qiymat $C = 75,30 \text{ J/kmol} \cdot \text{grad}$ ga teng bo'lsin.

Yechish. Bu jarayon uch bosqichdan iborat:

suyuq suvning 0° dan 100°C gacha isitilishi;

100°C da suvning bug'ga aylankishi;

bug'ning 100°C dan 150°C gacha isishi.

Umumiy entropiya shu bosqichlardagi entropiya o'zgarishi yig'indisiga teng:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$$

a) birinchi bosqichdagi entropiya o'zgarishi ($C_p = \text{const}$ da) (1.12) tenglamaga muvofiq:

$$\Delta S = 2,3n c_p \lg \frac{T_2}{T_1} = 2,3 \frac{2}{18} * \frac{22,5 \cdot 10^3}{373} = 2,61 \frac{\text{J}}{\text{mol}} * \text{grad}$$

b) ikkinchi bosqichda entropiyaning o'zgarishi (III.10) tenglamaga muvofiq:

$$\Delta S_2 = \frac{n \cdot \Delta H}{T} = \frac{2}{18} * \frac{2,55 \cdot 10^3}{373}$$

d) uchinchi bosqichda entropiyaning o'zgarishi (1.13) tenglamaga muvofiq:

$$\begin{aligned} \Delta S_3 &= 2,3n \int_{373}^{423} \frac{C_p dT}{T} = \frac{2,3 \cdot 2}{18} \int_{373}^{423} \frac{(30,13 + 11,3 \cdot 10^{-3})}{T} dT = \\ &= \frac{2,3 \cdot 2}{18} \lg \frac{423}{373} + \frac{2,3 \cdot 2}{18} 11,3 \cdot 10^{-3} (423 - 373) = 0,49 \text{ J/mol} \cdot \text{grad} \end{aligned}$$

va

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 2,61 + 12,09 + 0,49 = 15,19 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}.$$

16. Izotermik ravishda 1 mol azot va 1 mol kislorod o'zaro aralashtirilgan. Gazlarning bosimi bir xil bo'lsin. Ikkala gaz ham ideal gaz qonunlariga bo'ysunadi, deb faraz qilinganida entropiya o'zgarishini aniqlang.

Yechish. Ikkala gaz ham bir xil haroratga, bosim va hajmga ega bo'lganligidan gazlar aralashganda umumiy hajm 2 marta ko'payadi va (1.20 va (1.21) tenglamaga muvofiq:

$$\Delta S = -2,3R(n_1 \lg \frac{V_2}{V_1} + n_2 \lg \frac{V_2}{V_1})$$

Tenglama shartiga muvofiq $V = V_1 + V_2$, demak,

$$\frac{V}{V_1} = 2; \frac{V}{V_2} = 2$$

$$\Delta S = 2,3 \cdot 8,314(1 \cdot \lg 2 + 1 \cdot \lg 2) = 11,5 \text{ J/mol} \cdot \text{grad.}$$

17. $T_A=293\text{K}$ dagi 1 mol argon va $T_{N_2}=323\text{K}$ haroratdagi 2 mol azot aralash- tirilgan. moddalarning dastlabki bosimi va aralashma bosimi bir xil. Argon va azotning molyar issiqlik sig'implari mos ravishda $C_{mAr}=20,8 \text{ J/mol}$, $C_{p,N_2}=29,4 \text{ J/mol}$. Aralashtirish jarayonida entropiyaning o'zgarishini aniqlang.

Yechish: Gazlar aralashishi natijasida gazlarning harorati va bosimi o'zgarmaydi (kamaymoqda). Demak, entropiyaning umumiy o'zgarishi ikkala gazning harorati va bosimi o'zgarishi natijasida entropiyalarining o'zgarishi yig'indisiga teng.

$$\Delta S = (\Delta S_{Ar} + \Delta S_{N_2})_T + (\Delta S_{Ar} + \Delta S_{N_2})_p.$$

Bosim o'zgarmagandan $(\Delta S_{Ar} + \Delta S_{N_2})_p = 0$. Harorat o'zgarishi natijasida entropiyaning o'zgarishini (III.12) tenglamaga ifoda qiladi:

$$\Delta S = 2,3 \cdot nC_p \lg \frac{T}{T_1}$$

va

$$\Delta S = (\Delta S_{Ar} + \Delta S_{N_2})_T = 2,3 \cdot 20,8 \lg \frac{T}{T_{Ar}} + 2,3 \cdot 29,4 \lg \frac{T}{T_{N_2}}$$

T aralashma harorati quyidagi balans tenglamadan aniqlanadi:

$$n_{Ar}C_{pAr}(T - T_{Ar}) = n_{N_2} \cdot C_{pN_2}(T_{N_2} - T) = 1 \cdot 20,8(T - 293) = 2 \cdot 29,4(323 - T).$$

Bu tenglama T ga nisbatan yechilsa, $T = 315 \text{ K}$. Agar Tning bu qiymati yuqoridagi tenglamaga qo'yilsa:

$$\begin{aligned} \Delta S &= (\Delta S_{Ar} + \Delta S_{N_2}) = 20,8 \cdot 2,3 \lg \frac{315}{293} + 2 \cdot 29,4 \cdot 2,3 \lg \frac{315}{293} = \\ &= 1,594 - 1,504 = 0,033 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad.} \end{aligned}$$

18. Turg'un haroratda ($T = \text{const}$), 2 atm bosim ostida turgan 2 m³ hajmdagi 1 mol gaz 4 m³ gacha kengayganida entropiyaning o'zgarishini aniqlang. $C_p = 20,8 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}$.

Yechish. Hajm 2 marta kengayganida bosim 2 martakamaygan, demak, kengaygan gaz 1 atm bosim ostida (I. 20) tenglamaga muvofiq:

$$\Delta S = 2,3n C_v \lg \frac{P_2 V_2^\gamma}{P_1 V_1^\gamma}$$

C_p va γ ni aniqlaymiz:

$$C_p = C_v + R; C_v = C_p - R = 20,8 - 8,314 = 12,486 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}.$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{20,8}{12,486} = 1,67.$$

$$\text{Demak: } \Delta S = 2,3 \cdot 1 \cdot 12,486 \lg \frac{1 \cdot 10^{-4} \cdot 4,7}{2 \cdot 2^{1,67}} = 2,3 \cdot 1 \cdot 12,486 \lg \frac{2^{1,67}}{2} = 2,3 \cdot 1 \cdot 12,486 \cdot 3,4 = 42,4524 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

19. 1 kmol ideal gaz 298 K da 1 m³ dan 10 m³ hajmgacha kengaygan. Gazning hajrgan ishini, Gelmhols va Gibbs funksiyalarining o'zgarishini aniqlang.

Yechish. ΔF va ΔG ning o'zgarishi (1.30) va (1.39) tenglamaga muvofiq:

$$\Delta F = 2,3 nRT \lg \frac{V_2}{V_1}.$$

$$\Delta G = 2,3 \cdot nRT \lg \frac{P_2}{P_1} = 2,3 \cdot nRT \lg \frac{V_2}{V_1}.$$

Demak:

$$\Delta F = -2,3 \cdot 1 \cdot 8,314 \cdot 10 \cdot 298 \lg \frac{1}{10} = -5,702 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

$$\Delta G = -2,3 \cdot 1 \cdot 8,314 \cdot 10 \cdot 298 \lg \frac{1}{10} = -5,702 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

(1.24) va (1.33) tenglamalarga muvofiq A_{max}

$$A_{\text{max}} = \Delta F = -\Delta G = 5,702 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

20. 291 K da 1 mol suyuq toluol 1,013 · 10⁵ bosimdan 10,13 · 10³ N/m² ga siqilgan. Suyuqlikning siqilishini e'tiborga olmang ($V = \text{const}$). Gibbs funksiyasining o'zgarishini aniqlang. Toluolning zichligi $d = 867 \text{ kg/m}^3$ ga teng. Molekulyar og'irligi 92,14.

Yechish. (1.36) tenglamaga muvofiq

$$dG = -SdT + Vdp$$

va T, V turg'un bo'lganda:

$$\Delta G = V(p_2 - p_1) \frac{92,14}{867} (10,13 \cdot 10^5 - 1,013 \cdot 10^5) = 96,99 \approx 97 \text{ J}$$

tenglamadan V qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$d = \text{va } V = \frac{M}{d} \frac{92,14}{867}$$

21. Quyidagi reaksiya uchun:



$$\Delta H_{298}^0, \Delta U_{298}^0, \Delta A_{298}^0, \Delta G_{298}^0 \text{ va } \Delta S_{298}^0$$

ning standart qiymatlarini aniqlang. Kerakli kattaliklar quyidagijadvalda berilgan

Modda	ΔH_{298}^0 ; J/mol	ΔS_{298}^0 ; $\frac{J}{mol} \text{ grad}$
$C_2H_2(g)$	$226,75 \cdot 10^3$	200,8
$H_2O(l)$	$-285,84 \cdot 10^3$	69,96
$CH_3COOH(l)$	$-484,9 \cdot 10^3$	199,8
$H_2(g)$	0	130,6

Yechish. (1.11) tenglamaga muvofiq:

$$H = U + pV = U + \Delta nRT$$

Stexiometrik koeffitsiyentlarni hisoblaganda faqat gazsimon moddalarni e'tiborga olinadi:

$$\Delta n = n_{H_2} - n_{C_2H_2} = 1 - 1 = 0$$

Demak:

$$\Delta nR = 0$$

$$\Delta H_{298}^0 = \Delta U_{298}^0$$

(1.40) tenglamaga muvofiq:

$$\begin{aligned} \Delta H_{298}^0 &= (\Delta H_{298}^0_{CH_3COOH} + \Delta H_{298}^0_{H_2}) - (\Delta H_{298}^0_{C_2H_2} + \Delta H_{298}^0_{H_2O}) = \\ &= (-484,9 \cdot 10^3 + 0) - (226,75 \cdot 10^3 - 2 \cdot 285,84 \cdot 10^3) = \\ &= 139,47 \cdot 10^3 \frac{J}{mol}; \end{aligned}$$

$$\Delta S_{298}^0 = (199,8 + 130,6) - (2 \cdot 69,96 + 200,8) = -50,26 \frac{J}{mol} \text{ grad};$$

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T \Delta S_{298}^0 = 139,47 \cdot 10^3 - 298 \cdot 50,26 = 154,96 \frac{kJ}{mol};$$

$$A_{298}^0 = -\Delta G_{298}^0 + 154,96 \text{ kJ}$$

22. $0,5N_2 + 1,5H_2 = NH_3$ reaksiyasi uchun 400K da ΔG ning o'zgarish qiymatini aniqlang. $\Delta G_{298}^0 = 16,946 \cdot 10^3 \frac{J}{mol}$ ga teng. $\Delta S_{298}^0_{N_2, NH_3} = 192,50$; $\Delta S_{298}^0_{H_2} = 191,50$; $\Delta S_{298}^0_{H_2} = 130,6 \frac{J}{mol}$. $S = const$ deb qabul qiling.

Yechish. (1.36) tenglamaga muvofiq:

$$dG = -SdT + Vdp.$$

$p = \text{const}$ va $dp = 0$ bo'lganligidan:

$$dG = -SdT \text{ va } \Delta G_T = \Delta G_{298}^0 - \int_{298}^T \Delta S_{298}^0 dT;$$

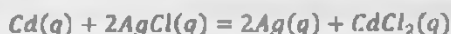
$$\Delta G_T = \Delta G_{298}^0 - \Delta S_{298}^0(T - 298);$$

$$\Delta S^0 = \Delta S_{NH_3} - 0.5S_{H_2}^0 = 192.5 - (0.5 \cdot 191.5 + 1.5 \cdot 130.6) = 99.15$$

Demak:

$$\begin{aligned} \Delta G_{400} &= 16.496 \cdot 10^3 - [99.15(400 - 298)] = 16.496 \cdot 10^3 - 99.15 \cdot 102 = \\ &= 6.383 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}. \end{aligned}$$

23. Harorat 25°C bo'lgandagi standart sharoit uchun quyidagi reaksiyani izobarik potensialida (ΔG^0) topolsin:



Yechish: Standart sharoit uchun mazkur reaksiyada ishtirok etayotgan moddalarni entalpiyasi va absolyut entalpiyalarini ma'lumotnomadagi qiymatlardan foydalanib topamiz, ya'ni

$$S_{Cd}^0 = 51.76 \text{ J/(g} \cdot \text{atom} \cdot \text{grad)},$$

$$S_{AgCl}^0 = 96.07 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$S_{Ag}^0 = 42.69 \text{ J/(g} \cdot \text{atom} \cdot \text{grad)};$$

$$S_{CdCl_2}^0 = 115.3 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$\Delta H_{Cd}^0 = 0; \quad \Delta H_{AgCl}^0 = -126.8 \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta H_{Ag}^0 = 0; \quad \Delta H_{CdCl_2}^0 = -115.3 \text{ kJ/mol}.$$

Shu qiymatlarga ko'ra:

$$\begin{aligned} \Delta H^0 &= 2\Delta H_{Ag}^0 + \Delta H_{CdCl_2}^0 - \Delta H_{Cd}^0 - 2\Delta H_{AgCl}^0 = \\ &= -389.0 + 2 \cdot 126.8 = -135.4 \text{ kJ}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta S^0 &= 2\Delta S_{Ag}^0 + \Delta S_{CdCl_2}^0 - S_{Cd}^0 - 2\Delta S_{AgCl}^0 = \\ &= 2 \cdot 42.69 + 115.3 - 51.76 - 2 \cdot 96.07 = \end{aligned}$$

$$= 200.68 - 243.9 = -43.22 \text{ J/grad}.$$

$$\text{Demak, } \Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 = -135.4 + 298 \cdot 10^{-3} \cdot 43.22 = -122.52 \text{ kJ}$$

MUSTAQIL RAVISHDA AMALIY YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Benzolni 85-115°C harorat oralig'idagi o'rtacha massaviy issiqlik sig'imi 1,257 kJ/(kg·K) ga teng. O'zgarmas bosim va hajmgi o'rtacha molyar issiqlik sig'imini hisoblang.

Javobi: 98.19 kJ/(kmol·K)

2. Harorat 100-150°C oralig'ida suv bug'ining o'rtacha massaviy issiqlik sig'imi ($p = const$) 2,01 kJ/(kg·K) ga teng. Suv bug'ini o'rtacha molyar issiqlik sig'imini va C_p/C_v nisbati qiymatini toping.

Javobi: 36.22; 27,91 kJ/(kmol·K)

3. Havoning molyarchin issiqlik sig'imini harorat bilan bog'lanishini quyidagi tenglama bilan ifodalani: $C_p = 27,2 + 0,0042 \cdot T$

Havoning 400°C haroratdagi molyar va massaviy issiqlik sig'imlarini o'zgarmas bosim va hajmdagi qiymatini hisoblang. C_p/C_v nisbai havo uchun 1,4 ga teng. Havoning molekulyar massasi 28,86.

Javobi: 30,03 kJ/(kmol·K)

4. Azotni normal sharoitdagi molyar issiqlik sig'imi 20,95 kJ/(kmol·K) ga teng. Shu haroratdagi azotni massaviy va hajmiy issiqlik sig'inlari topilsin.

Javobi: 748,0 kJ/(kmol·K); 933 J/(m³·K)

5. Fe₂O₃ (*gematit*)ni chin molyar issiqlik sig'imini haroratga bog'liqligi quyidagi tenglama bilan ifodalani

$$C_p = 103,58 + 67,21 \cdot 10^{-3}T - 17,74 \cdot 10^{-5} \cdot T^{-2}$$

1 kg Fe₂O₃ 16°C dan 1538°C gacha qizdirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdorini toping.

Javobi: 1667 kJ.

6. Kristobalitni ($\beta\text{-SiO}_2$) ni chin molyar issiqlik sig'imini harorat bilan o'zgarishi quyidagi tenglama boyicha ifodalani

$$C_p = 71,61 + 1,9 \cdot 10^{-3}T - 37,59 \cdot 10^{-5} \cdot T^{-2}$$

1 kg kristobalitni 16°C dan 1538°C gacha qizdirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdorini hisoblang.

Javobi: 1905 kJ.

7. Temir moddasini harorat 100÷200°C oralig'ida bo'lgandagi o'rtacha molyar issiqlik sig'imini hisoblang. Bunda harorat 0÷600°C oralig'idagi shu moddani chin massaviy issiqlik sig'imi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$C = 0,4613 + 2,12 \cdot 10^{-4}t + 6,87 \cdot 10^{-7} \cdot t^2$$

Javobi: 0,5091 kJ/(kg·K).

8. Harorat 100÷200°C oralig'ida bo'lgandagi ammiakning o'rtacha molyar issiqlik sig'imini toping, agar $C_p(NH_3) = 29,8 + 25,48 \cdot 10^{-3}T - 1,67 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$ bo'lsa.

Javobi: 39,62 J/(mol·K).

9. Atsetilenni (C_2H_2) molyar issiqlik sig'imi haroratga quyidagicha bog'langan

$$C_p = 23,46 + 85,77 \cdot 10^{-3}T - 58,34 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$$

Harorat 400÷500 K oralig'ida bo'lgandagi atsetilenni o'rtacha molyar issiqlik sig'imini (\bar{C}_p)ni toping.

Javobi: 1,927 kJ/(kg·K).

10. Harorat 1200÷1300°Cga teng bo'lgandagikalsiy oksidini (CaO) o'rtacha molyar issiqlik sig'imini toping. Bunda

$$C_p = 49,63 + 4,52 \cdot 10^{-3}T - 6,95 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$$

Javobi: 1,002 kJ/(kg·K).

11. Benzol uchun $\bar{C}_p = 86,74 + 0,1089 \cdot t$ ga teng. Uning 30°C dagi chin molyar issiqlik sig'imini hisoblang.

Javobi: 93,27 kJ/(kmol·K).

12. Vodород oltingugurti (H_2S) uchun

$$\bar{C}_p = 33,14 + 10,27 \cdot 10^{-3}t - 16,8 \cdot 10^{-7} \cdot t^2 \text{ ga teng.}$$

Uning harorat 35°C bo'lgandagi chin molyar va hajmiy issiqlik sig'imlarini hisoblang.

Javobi: 33,85 kJ/(kmol·K); 1,511 kJ/(m³·K).

13. Etilen uchun $\bar{C}_p = 46,06 + 0,03268 \cdot T$ ga teng. Harorat 37°C bo'lganda etilenni chin molyar, hajmiy va massaviy issiqlik sig'irlarini hisoblang.

Javobi: 48,48 kJ/(kmol·K); 2,164 kJ/(m³·K); 1,728 kJ/(kg·K)

14. Uglorod (II) oksidi uchun

$$\bar{C}_p = 21,39 + 0,01399 \cdot T - 30,8 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 \text{ kJ/(kmol·K) ga teng}$$

Harorat 27°C ga teng va $p = \text{const}$ bo'lgandai CO₂ ning chin molyar va massaviy issiqlik sig'irlarini aniqlang.

Javobi: 37,26 kJ/(kmol·K); 0,8465 kJ/(kg·K)

15. Temir rudasi tarkibi (%) quyidagicha:

Fe_2O_3 -84,1; H_2O -7,5; SiO_2 va boshqalar – 8,4. Shu ruda tarkibidagi moddalarning massaviy issiqlik sig'irlari kJ/(kg·K) mos ravishda 0,610; 4,2 va 1,17 ga teng. Temir rudasining massaviy issiqlik sig'irini hisoblang.

Javobi: 0,9263 kJ/(kg·K)

16. Kokslash jarayonida chiqadigan quruq gaz tarkibi (%) 100°C haroratda quyidagicha: H_2 -56,7; CO -6,0; CO_2 -3,0; O_2 -0,8; CH_4 -26,0; N_2 -5,0; C_2H_2 -2,5. Shu gaz tarkibiga kiruvchi komponentlarning 100°C haroratdagi hajmiy issiqlik sig'irlari (kJ/(m³·K)) mos ravishda teng: 1,299; 1,286; 1,751; 1,920; 1,630; 1,282; 2,200. Quruq koks gazini o'rtacha hajmiy issiqlik sig'irini toping.

Javobi: 1,425 kJ/(m³·K)

17. Konsentratsiyasi 0,2 n bo'lgan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ eritmasining uy harorati (20°C) dagi o'rtacha molyar issiqlik sig'irini hisoblang. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ning shu haroratdagi o'rtacha massaviy issiqlik sig'iri 1,128 ga, suvniki esa 4,2 kJ/(kg·K) ga teng. Eritma zichligi birga teng deb qabul qilinsin.

Javobi: 4,123 kJ/(kg·K)

18. Miqdori 1 kg bo'lgan etil spirtini o'zgarms bosimda 127°C dan 327°C ga ko'chirish vaqtida yutilgan issiqlik miqdorini (kJ da) toping. Bunda etil spirtini o'rtacha molyar issiqlik sig'iri harorat o'zgarishiga quyidagicha bog'langan:

$$C_p = 19,07 + 0,2127 \cdot T - 0,1086 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \text{ kJ/(kmol·K)}$$

Javobi: 419,1 kJ

19. Miqdori 100 kg bo'lgan formaldegidni izobarik ravishda 500°C dan 200°C gacha sovutish vaqtida ajralib chiqqan issiqlikni aniqlang. Bunda chin molyar issiqlik sig'imi harorat bilan quyidagicha bog'langan:

$$C_p = 20,94 + 0,0586 \cdot T - 0,0156 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$$

Javobi: $-5,122 \cdot 10^4$ kJ.

20. 100 kg suv bug'ini izobarik ravishda 827°C dan 127°C haroratgacha sovutish vaqtida ajralgan issiqlik miqdorini toping. Bunda

$$C_p = 30,0 + 0,0107 \cdot T - 0,330 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 \text{ ga teng.}$$

Javobi: $-1,474$ kJ.

21. Miqdori 100 m³ bo'lgan metanni normal bosimda 100°C dan 200°C gacha qizdirish uchun qancha issiqlik miqdori kerak? Bunda chin hajmiy issiqlik sig'imi ($\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$) teng: $C = 1,62 + 3,56 \cdot 10^{-3} \cdot t$ ga.

Javobi: 21540 kJ.

22. 10 kg gaz holdagi izopren moddasini 127°C dan 227°C gacha qizdirish uchun kerak qilinadigan issiqlik miqdori topilsin. Bunda chin molyar issiqlik sig'imi ($\text{kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$) teng

$$C_p = 3,98 + 0,0337 \cdot T - 0,1243 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 \text{ ga.}$$

Javobi: 1907 kJ.

23. Miqdori 50 kg bo'lgan etilenni normal bosimda 200°C dan 500°C gacha qizdirish uchun qancha issiqlik miqdori kerak? Etilenni o'rtacha molyar issiqlik sig'imi teng: $\bar{C}_{200} = 48,6$; $\bar{C}_{500} = 62,5 \text{ kJ}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$ ga.

Javobi: 38370 kJ.

24. Miqdori 150 kg bo'lgan etil spirtu bug'ini normal bosimda 400°C dan 100°C gacha sovutish jarayonida berilgan issiqlik miqdorini aniqlang. Etil spirtini 100°C dan 400°C gacha haroratdagi o'rtacha molyar issiqlik sig'imi (\bar{C}) mos ravishda 80,9 va 97,2 kJ/(kmol·K) ga teng.

Javobi: -100400 kJ.

25. Miqdori 100 kg bo'lgan suv bug'ini normal bosimda 700 K dan 300 K haroratgacha sovutilganda qancha issiqlik miqdorini beradi? Suv bug'ini o'zining molyar issiqlik sig'imi 500 K da 34,48 ga va 700 K da esa 35,52 kJ/(kmol·K) ga teng.

Javobi: -42290 kJ

26. Buten-1 C_4H_8 va butan C_4H_{10} ning standart yonish issiqliklari quyidagi ravishda -2719 kJ/mol va -2879,2 kJ/mol ga teng. Butenning vodородlanish reaksiyasi standart issiqlik effektini aniqlang. H_2O ning standart hosil bo'lish issiqligi - 286,04 kJ/mol.



27. Etanning kislorodda standart yonish issiqligi - 156,10 kJ/mol, ozonning standart hosil bo'lish issiqligi 142,3 kJ/mol. Shu ma'lumotlardan foydalanib etanning ozonda standart yonish issiqligini aniqlang:



28. Oktanning $CH_3-(CH_2)_6-CH_3$ standart yonish issiqligi -5512,2 kJ/mol, buten-1 $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ va butan $CH_3(CH_2)_2CH_3$ ning standart yonish issiqligi quyidagi ravishda -2719,0 va -2879,2 kJ/mol ga teng. Shu ma'lumotlardan foydalanib, oktanning krekning (ajralish) reaksiyasini $(C_{10}H_{22} \rightarrow H_2C=CH_2 + C_8H_{18})$ standart issiqlik effektini aniqlang.

29. Azot oksidi N_2O va suvning standart hosil bo'lish issiqlik effektlari quyidagi ravishda 9,667 kJ/mol va 286,04 kJ/mol ga teng. Standart sharoitda quyidagi reaksiyaning issiqlik effektini hisoblang:



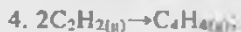
30. Quyidagi reaksiyalarning standart issiqlik effektlarini toping:



Javobi: -112,71 kJ



Javobi: -411,66 kJ





Javobi: -3,79 kJ;



Javobi: -492,94 kJ.

11. Quyidagi reaksiyaning standart issiqlik effektini aniqlang.



Dasilabki moddalar va mahsulotlarning standart hosil bo'lish issiqlik effekti

quyidagicha:



$$\Delta H_1 = -1675 \cdot 10^3 \text{ kJ/mol.}$$



$$\Delta H_2 = -345,2 \cdot 10^3 \text{ kJ/mol.}$$



$$\Delta H_3 = -3434 \cdot 10^3 \text{ kJ/mol}$$

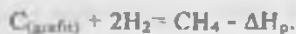
12. Quyidagi ma'lumotlardan foydalanib, metan (CH_4) ning hosil bo'lish standart issiqligini aniqlang. Metanning yonish issiqligi:

$$\Delta H_{yon.CH_4} = -890,964 \cdot 10^3 \text{ J/kmol,}$$

$$\text{Vodorodniki } \Delta H_{yon.H_2} = -286,043 \cdot 10^3 \text{ J/kmol;}$$

$$\text{Uglerod grafitniki } \Delta H_{yon.C} = -353,796 \cdot 10^3 \text{ kJ/mol.}$$

CH₄ ning hosil bo'lish reaksiyasi:



13. Vodorodning yonish issiqligi ($H_2 + 0,5O_2 = H_2O$) $\Delta H_{H_2} = -211,84 \text{ kJ/mol.}$

14. Uglerod yonish issiqligi ($CO + 0,5O_2 = CO_2$) $\Delta H_{CO} = -285,16 \text{ kJ/mol.}$ Quyidagi reaksiyaning



issiqlik effektini aniqlang.

15. 1000 K da gaz holidagi asetonning metan va CO_2 dan hosil bo'lish

reaksiyasi issiqlik effektini aniqlang:

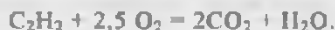


Quyidagi ma'lumotlar berilgan:

Modda	$\Delta H_f^\circ \times 10^{-4}$, J/kmol	$a \times 10^{-3}$	b	$C_p \times 10^{-3}$	
				J/kmol	
H ₂ O (g)	-242,000	30,146	11,305	—	—
CH ₃ COOCH ₃ (g)	-216,796	22,489	201,926	—	63,576
CO ₂	-398,706	44,173	9,044	-8,541	—
CH ₄	-74,901	17,484	60,502	—	-1,118

a, b, c, c' lar $C_p = f(T)$ bog'lanishni aniqlashda qo'llaniladigan koeffitsientlar).

35. C₂H₂, CO₂ va H₂O(l) ning hosil bo'lish issiqlik effekti mos ravishda 54190, 94052 va 68317 kkal/molga teng. 5 mol C₂H₂ yonganda qancha issiqlik ajraladi?



36. CaO + CO₂ = CaCO₃ - reaksiyaning issiqlik effekti 42498 kal. CaO va CO₂ ning hosil bo'lish issiqligi mos ravishda 151900 va 94052 kkal/mol. CaCO₃ ning hosil bo'lish issiqligini aniqlang.

37. Suv va suv bug'ining hosil bo'lish issiqligi mos ravishda -285,8 va -241,8 kJ/mol. 25°C da 1 mol suvning bug'lanish issiqligini aniqlang.

38. Amorf uglerod, grafit va olmosning yonish issiqliklari mos ravishda 409,2; -394,6 va 395,3 kJ/g-atom: 1 -amorf uglerodning grafitga, 2-amorf uglerodning olmosga; 3-grafitning olmosga o'tish (allotropik aylanish) issiqligini aniqlang.

39. Akril kislota (suyuq holda hosil bo'luvchi) sintezi reaksiyasi:



Standart (1 atm va 298 K) sharoit uchun reaksiya effektini aniqlang

Reaksiyada ishtirok etgan moddalarning hosil bo'lish issiqliklari quyidagicha:

Modda	CH = CII	CO	H ₂ O	CH ₃ CHCOOH
$\Delta H_{\text{yug}}^{\circ}$, kJ/m	226,75	-110,50	-288,84	384,37

40. 1200 K va turg'un bosimda 100 kg temir (II) oksid (FeO), uglerod (II) oksid (CO) bilan qaytarilganda:



ajralgan issiqlik miqdorini aniqlang. Reagentlarning izobarik molyar issiqlik sig'imi (C_p) quyidagi ifodaga teng:

$$C_{p,\text{Fe}} = 19,25 + 21,0 \cdot 10^{-3} T \text{ J/mol-grad.}$$

$$C_{p,\text{CO}_2} = 44,14 + 9,04 \cdot 10^{-3} T - 8,53 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ J/mol-grad.}$$

$$C_{p,\text{CO}} = 28,48 + 4,10 \cdot 10^{-3} T - 0,46 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ J/mol-grad.}$$

$$C_{p,\text{FeO}} = 52,80 + 6,21 \cdot 10^{-3} T - 3,19 \cdot 10^{-5} T^2 \text{ J/mol-grad.}$$

41. 1200°C da suvning molyar bug'lanish issiqligini aniqlang. 100°C da suvning solishtirma bug'lanish issiqligi 539 kal/g-grad ga teng. Suv va suv bug'ining solishtirma issiqlik sig'imi mos ravishda 1,0 va 0,45 kal/g-grad ga teng.

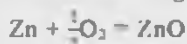
42. 25°C va turg'un bosimda 1 g vodorodning yonib suv hosil qilishida 34158 kal issiqlik ajraladi. 25°C da suvning solishtirma yashirin bug'lanish issiqligi 584 kal/g-grad ga teng. Suv bug'i, vodorod va kislorodning molyar issiqlik sig'imi quyidagi qiymatga ega:

$$C_{p,\text{H}_2\text{O}} = 7,2 + 2,7 \cdot 10^{-3} T \text{ kal/mol-grad,}$$

$$C_{p,\text{H}_2} = 0,907 + 0,12 \cdot 10^{-3} T \text{ kal/mol-grad,}$$

$$C_{p,\text{O}_2} = 5,052 + 5,69 \cdot 10^{-3} T \text{ kal/mol-grad.}$$

43. 227°C va turg'un bosimda rux oksidning hosil bo'lish



reaksiyasining issiqlik effektini aniqlang. 25°C va turg'un bosimda uning hosil bo'lish issiqlik effekti 83170 kal/mol ga teng. Reaksiyada ishtirok etgan moddalarning molyar issiqlik sig'imi qiymati quyidagicha (kal/mol-gradus hisobida):

$$C_{p,\text{ZnO}} = 11,71 + 1,22 \cdot 10^{-3} T,$$

$$C_{p,\text{Zn}} = 5,25 + 2,70 \cdot 10^{-3} T,$$

$$C_{p,\text{O}_2} = 5,75 + 3,34 \cdot 10^{-3} T.$$

44. Harorat 298 K bo'lgandagi quyidagi reaksiyani hosil bo'lish issiqlik effektini hisoblang:



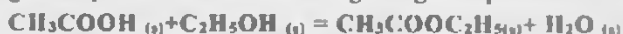
Javobi: 27,6 kJ/mol

45. Quyidagi reaksiyani 298 K haroratdagi issiqlik effektini hisoblang:



Javobi: 247,36 kJ/mol

46. Quyidagi reaksiyani harorat 298 K bo'lgandagi issiqlik effektini aniqlang:



Javobi: 13,51 kJ/mol

47. Propanni yonish issiqlik effektini 298 K haroratdagi qiymatini hisoblang:



Javobi: -530,604 kJ/mol

48. Quyida keltirilgan kimyoviy reaksiyalarning $T=298$ K va standart bosimdagi issiqlik effektlarini hisoblang:



Javobi: 10,40 kJ



Javobi: -562,9 kJ



Javobi: -11,3 kJ



Javobi: -64,89 kJ

49. Kristall holatdagi n-nitrofenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$) ni $T=298$ K da yonish issiqligini toping. Bunda moddaning standart hosil bo'lish issiqligi $\Delta H_{\text{f}}^\circ = -191,66$ kJ/mol ga teng. Olingan natijalarni ma'lumotnomadagi qiymat bilan solishtiring.

Javobi: -2884 kJ/mol

50. Kristall holda hosil bo'luvchi aminosirka kislotasining ($\text{NH}_2\text{C}(\text{H})\text{COOH}$) 298 K harorat va standart bosimdagi issiqlik effektini hisoblang. Moddani yonish issiqligi -976,72 kJ/mol ga teng. Hosil bo'lgan natijalarni ma'lumotnomadagi ko'rsatkichlar bilan taqqoslang.

Javobi: -524,9 kJ/mol

51. Quyidagi reaksiyaning issiqlik effektini hisoblang:



Bunda CaC_2 moddasini hosil bo'lish issiqlik effekti -63000 , H_2O ni -286400 , Ca(OH)_2 niki -990400 va C_2H_2 niki $+227400$ kJ/kmol ga teng.

Javabi: -635800 kJ.

52. Miqdori 1 kmol bo'lgan etanniyonish natijasida 1562 kJ issiqlik ajralib chiqadi. Agar CO_2 va H_2O moddalarini hosil bo'lish issiqligi mos ravishda 101800 va 286600 kJ/mol bo'lsa etanni hosil bo'lish issiqlik effektini toping.

53. Rombik strukturaviy tuzilishga ega bo'lgan oltingugurtni monoklinik tuzilishga o'tish jarayonini, ya'ni $S_{\text{romb}} \rightarrow S_{\text{monokl}}$, standart o'tish issiqlik effekti 0.297 kJ/mol ga teng. Harorat 450K bo'lgan sharoit uchun uchu jarayonni issiqlik effektini yoping. Bunda issiqlik sig'imi haroratga quyidagicha bog'langan :

$$C_{p(\text{romb})} = 469 + 0.817 \cdot T, \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{grad});$$

$$C_{p(\text{monokl})} = 465 + 0.910 \cdot T, \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{grad});$$

Javabi: 449 J/mol

54. Chiyilgij reaksiyani 300°C haroratdagi issiqlik effektini hisoblang :



Chin molyar issiqlik sig'imlar harorat bilan quyidagicha bog'langan

$$C_{p(\text{CO})} = 28.41 + 4.10 \cdot 10^{-3}T - 0.46 \cdot 10^5 \cdot T^{-2} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K});$$

$$C_{p(\text{H}_2)} = 27.28 + 3.26 \cdot 10^{-3}T - 0.502 \cdot 10^5 \cdot T^{-2} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K});$$

$$C_{p(\text{CH}_3\text{OH})} = 15.28 + 105.2 \cdot 10^{-3}T \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K});$$

Javabi : 98.08 kJ/mol

55. Harorat 400K bo'lgan sharoitda boradigan



reaksiyani issiqlik effekti topilsin. Bunda chin molyar issiqlik sig'imlar teng:

$$C_{p(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = 19.07 + 212.7 \cdot 10^{-3}T - 108.6 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K});$$

$$C_{p(\text{C}_2\text{H}_4)} = 4.196 + 154.59 \cdot 10^{-3}T - 81.09 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K});$$

$$C_{P(N_2O)} = 30.00 + 10.71 \cdot 10^{-3}T \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K});$$

Javobi: -45.94 kJ/mol

56. Quyidagi reaksiyani 1000°C haroratdagi issiqlik effektini hisoblang



Reaksiyada ishtirok qilayotgan moddani issiqlik sig'implarini ma'lumotnomasida oling.

Javobi: 195015 kJ/mol

57. Ammiakning hosil bo'lish reaksiyasini $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$, 500°C haroratdagi issiqlik effektini normal bosimdagi moddalar entalpiyalarni qiymati bo'yicha aniqlang

Javobi: 107.9 kJ/2mol ga

58. Metanni 1000°C K haroratda parchalanish reaksiyasini $CH_4(g) = C(g) + 2H_2(g)$ issiqlik effektini toping. Bu jarayonni standart issiqlik effekti 74.85 kJ ga teng va issiqlik sig'implar haroratga quyidagicha bog'langan :

$$C_{(C)} = 11.19 + 10.95 \cdot 10^{-3}T + 4.89 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{grad});$$

$$C_{P(H_2)} = 27.28 + 3.26 \cdot 10^{-3}T + 0.502 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{grad});$$

$$C_{P(CH_4)} = 17.45 + 60.46 \cdot 10^{-3}T + 1.12 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{grad});$$

Javobi: 87.90 kJ

59. $AlCl_3$ ni harorat 500 K bo'lganida hosil bo'lishi issiqlikni toping. Bu jarayonni standart hosil bo'lish issiqligi $\Delta H_{\text{h.a.}}^0 = -697.4 \text{ kJ/mol}$ ga teng va moddani mol issiqlik sig'implari quyidagicha :

$$C_{P(AlCl_3)} = 55.44 + 117.2 \cdot 10^{-3}T \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{grad});$$

$$C_{(Al)} = 20.67 + 12.39 \cdot 10^{-3}T \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{grad});$$

$$C_{P(Cl_2)} = 36.69 + 1.05 \cdot 10^{-3}T - 2.52 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{grad})$$

18.10.10. AlCl₃ni mayuqlanish harorati 465.6 K ga va suyuqlinish issiqlik effekti 130.5 kJ/mol bo'lsa, 1 mol AlCl₃ni 1000 K holatida mayuq holdagi AlCl₃ni mol issiqlik sig'imi 130.5 J/mol*grad ga

Javobi :-653.8 kJ/mol

18.10.11. 1 mol mol'liq issiqlik effektini toping (T = 150°C), agar standart holatda issiqlik sig'imi $\Delta H_{298}^0 = -126.8 \text{ kJ}$ bo'lsa. Moddalarni mol issiqlik sig'imi quyidagicha:

$$C_{p,CO} = 29.12 + 8.20 \cdot 10^{-3}T - 0.25 \cdot 10^{-5}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,H_2} = 29.12 + 1.05 \cdot 10^{-3}T - 2.52 \cdot 10^{-5}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,H_2O} = 33.26 + 4.18 \cdot 10^{-3}T - 11.30 \cdot 10^{-5}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Javobi : -125.35 kJ/mol

18.10.12. CO(g)ni 500 K va 1000 K dagi issiqlik effektini toping



CO(g)ni 1000 K dagi issiqlik effekti 90.72 kJ bo'lib mol issiqlik effektlari

Quyidagilarni hisoblash tenglamalari :

$$C_{p,CO} = 29.12 + 8.20 \cdot 10^{-3}T - 0.46 \cdot 10^{-5}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,H_2} = 29.12 + 1.05 \cdot 10^{-3}T - 0.502 \cdot 10^{-5}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,CH_3OH} = 81.6 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Javobi : 89.52 kJ.

18.10.13. Zelen va vodorodni issiqlik sig'imlarini harorat bog'liqligi quyidagicha :

$$C_{p,Zelen} = 4.49 + 182.3 \cdot 10^{-3}T - 74.86 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,H_2} = 4.70 + 154.6 \cdot 10^{-3}T - 81.10 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,H_2O} = 33.26 + 3.26 \cdot 10^{-3}T + 0.502 \cdot 10^{-5}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Etilenni gidrirlanish reaksiyasini 300 K va 1000 K haroratdagi issiqlik effekti aniqlang: *Javobi* : -19.66 kJ/mol*grad

63. O'zgarmas bosimda vodorod, kiskorod va suv bu'gini mol issiqlik sig'imi quyidagi qiymatlarga teng :

$$C_{v(H_2)} = 18.97 + 3.26 \cdot 10^{-3} T + 0.502 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{v(O_2)} = 23.15 + 3.39 \cdot 10^{-3} T - 3.77 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{v(H_2O)} = 21.7 + 10.71 \cdot 10^{-3} T + 0.33 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Vodorodni suyuq holdagi suvga o'tish vaqtidagi o'rtachayonish issiqligi 0°C da 142.2 kJ suvni 0°C dagi o'rtacha bug'lanish harorat 100°C da suv bug'ini mol liyil qaytish issiqligi topilsin. *Javobi* : -239.43 kJ/mol

64. O'zgarmas bosim va °C haroratda $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = CO_2(g)$ reaksiyasini issiqlik effekti -284.5 kJ/mol ga teng. Reaksiyada ishtirok qilayotgan moddalarning mol issiqlik sig'imi quyidagicha :

$$C_{v(CO_2)} = 35.83 + 9.04 \cdot 10^{-3} T - 8.53 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{v(CO)} = 20.1 + 4.10 \cdot 10^{-3} T - 0.46 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{v(O_2)} = 23.15 + 3.39 \cdot 10^{-3} T - 3.77 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Shu reaksiyalarni o'zgarmas bosim va 25°C hamda 727°C haroratdagi issiqlik effekti aniqlansin.

Javobi: - 284.7 kJ/mol

65. Harorat 0°C dan 80°C gacha bo'lgan oralig'ida benzolni o'rtacha solishtirish issiqlik sig'imi 1.745 J/gr*grad ga teng. Asetilenni (C₂H₂) mol issiqlik sig'imi haroratlar oralig'ida 43.93 J/mol*grad ni tashkil etadi. Standart holatda boruvchi $2C_2H_2 + 5H_2 = C_6H_6$ reaksiyasini issiqlik effekti - 630.8 kJ. Shu reaksiyani 75°C haroratdagi issiqlik effekti topilsin.

Javobi: - 630.6 kJ

28. Quyidagi reaksiyani 1000 K haroratdagi issiqlik effektini aniqlang :

$\Delta H_{f,298}^{\circ} = -101.04 \text{ kJ/mol}$ ga mol issiqlik sig'imi qiyamati esa

$$C_{p,m}(H_2) = 27.10 + 3.26 \cdot 10^{-3}T - 0.502 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(H_2O) = 31.46 + 3.39 \cdot 10^{-3}T - 3.77 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(CO) = 30.00 + 10.71 \cdot 10^{-3}T - 0.33 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Javob: - 496.02 kJ

29. 1 mol (H) oksidi standart hosil bo'lish issiqligi 180.74 kJ ga teng.

$\Delta H_{f,298}^{\circ} (H_2O) = -180.74 \text{ kJ/mol}$ reaksiyasida ishtirok etayotgan moddalarni mol issiqlik

sig'imi mol issiqlik sig'imi tenglamasi buyicha ifodalangan :

$$C_{p,m}(H_2O) = 29.50 + 1.15 \cdot 10^{-3}T + 3.85 \cdot 10^{-3}T - 0.59 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)}$$

sig'imi

$$C_{p,m}(H_2) = 27.07 + 4.27 \cdot 10^{-3}T \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(CO) = 31.46 + 3.39 \cdot 10^{-3}T - 3.77 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Ushbu moddalarni 1000 K dagi issiqlik effektini toping.

30. $H_2(g) + CO_2(g) = CH_3COCH_3(g) + H_2O(g)$ reaksiyasining harorat 500°K

da issiqlik effektini toping. Shu reaksiyani 84.92 kJ/mol ga va gaz holdagi

moddalarni mol issiqlik sig'imi quyidagiga teng :

$$C_{p,m}(H_2) = 17.45 + 60.46 \cdot 10^{-3}T + 1.117 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(CO_2) = 44.14 + 2.04 \cdot 10^{-3}T - 8.53 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(CH_3COCH_3) = 22.47 + 201.8 \cdot 10^{-3}T - 63.5 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(H_2O) = 30.00 + 10.71 \cdot 10^{-3}T + 0.33 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Javob: 85.24 kJ/mol

Etilenni gidrirlanish reaksiyasini 300 K va 1000 K haroratdagi issiqlik effekti aniqlang. *Javobi* : -19.66 kJ/mol*grad

63. O'zgarimas bosimda vodorod, kiskorod va suv bu'gini mol issiqlik sig'imi quyidagi qiymatlarga teng :

$$C_{V(H_2)} = 18.97 + 3.26 \cdot 10^{-3}T + 0.502 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{V(O_2)} = 23.15 + 3.39 \cdot 10^{-3}T - 3.77 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{V(H_2O)} = 21.7 + 10.71 \cdot 10^{-3}T + 0.33 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Vodorodni suyuq holdagi suvga o'tish vaqtidagi o'rtachayonish issiqligi 0°C da -142.2 kJ suvni 1°C da o'rtacha bug'lanish harorat 100°C da suv bug'ini mol hali bo'lish issiqligi topilsin. *Javobi* : -239.43 kJ/mol

64. O'zgarimas bosim va 1°C haroratda $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = CO_2(g)$ reaksiyasini issiqlik effekti -284.5 kJ/mol ga teng. Reaksiyada ishtirok qilayotgan moddalarning mol issiqlik sig'imi quyidagicha :

$$C_{V(CO_2)} = 35.83 + 9.04 \cdot 10^{-3}T - 8.53 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{V(CO)} = 20.1 + 4.10 \cdot 10^{-3}T - 0.46 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{V(O_2)} = 23.15 + 3.39 \cdot 10^{-3}T - 3.77 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Shu reaksiyalarni o'zgarimas bosim va 25°C hamda 727°C haroratdagi issiqlik effekti aniqlansin.

Javobi : -284.7 kJ/mol

65. Harorat 0°C dan 80°C gacha bo'lgan oralig'ida benzolni o'rtacha solishtiruvchi issiqlik sig'imi 1.745 J/gr*grad ga teng. Asetilenni (C_2H_2) mol issiqlik sig'imi bu haroratlarda oralig'ida 43.93 J/mol*grad ni tashkil etadi. Standart holatda boruvchi $C_2H_2 + C_6H_6$ reaksiyasini issiqlik effekti -630.8 kJ. Shu reaksiyani 75°C haroratdagi issiqlik effekti topilsin.

Javobi : -630.6 kJ

88) Aholing reaksiyani 1000 K haroratdagi issiqlik effektini aniqlang :

$\Delta H_{f,298}^{\circ} = - 841.04 \text{ kJ/mol}$ ga mol issiqlik sig'limlar qiymati esa

$$C_{p,m}(H_2O) = 37.70 + 1.26 \cdot 10^{-3}T - 0.502 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(H_2) = 31.46 + 1.19 \cdot 10^{-3}T - 3.77 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(H_2O) = 40.00 + 10.71 \cdot 10^{-3}T - 0.33 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Javobi: - 496.02 kJ

89) Ahol (H) ikkita standart hosil bo'lish issiqligi 180.74 kJ ga teng.

$2N_2(g) + 3O_2(g) = 2N_2O(g)$ reaksiyasida ishtirok etayotgan moddalarni mol issiqlik sig'limlaridagi tenglama bo'yicha ifodalanadi .

$$C_{p,m}(N_2O) = 39.80 + 3.85 \cdot 10^{-3}T + 3.85 \cdot 10^{-3} - 0.59 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(N_2) = 27.07 + 4.27 \cdot 10^{-3}T \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(O_2) = 31.46 + 3.39 \cdot 10^{-3}T - 3.77 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Shu reaksiyani 800 K dagi issiqlik effektini toping.

90) $CH_3COH(l) + CO_2(g) = CH_3COCH_3(g) + H_2O(g)$ reaksiyasining harorat 500°K

dagi issiqlik effektini toping. Shu reaksiyani 84.92 kJ/mol ga va gaz holdagi moddalarni mol issiqlik sig'limlari quyidagiga teng :

$$C_{p,m}(H_2O) = 37.45 + 60.46 \cdot 10^{-3}T + 1.117 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(CO_2) = 44.14 + 2.04 \cdot 10^{-3}T - 8.53 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(CH_3COCH_3) = 22.47 + 201.8 \cdot 10^{-3}T - 63.5 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

$$C_{p,m}(CH_3COH) = 40.00 + 10.71 \cdot 10^{-3}T + 0.33 \cdot 10^{-5}T^{-2} \text{ J/(mol} \cdot \text{grad)};$$

Javobi: 85.24 kJ/mol

69. Miqdori 16 kg O_2 ni harorat 273 K dan 373 K gacha o'zgarmas hajmda o'zgarmas hosimda qizdirish jarayonidagi entropiyasini o'zgarmas qiymatini toping. Kislorodni ideal gaz deb hisoblang.

Javobi : 3242.45; 4539.46 J/K

70. Brombenzol 429.8 K haroratda qaynaydi va uni bug'lanish issiqligini 2110 J/mol va 10^4 J/kg ga teng. 10 kg brombenzolni bug'latish jarayonidagi entropiya qiymatini aniqlang.

Javobi : 5628 J/K

71. 10 g azot N_2 ni: a) turg'un bosim, b) turg'un hajmda 0° dan $100^\circ C$ gacha qizdirilganda entropiyaning o'zgarishi qanchaga teng? Azotning issiqlik sig'imi $C_p = 6.954$ kal/gradga teng bo'lib, turg'un, haroratga bog'liq emas, deb faraz qiling.

72. 2g suv $0^\circ C$ dan $150^\circ C$ gacha $1.013 \cdot 10^5$ N/m² bosimda bug'langanda entropiya qanchaga o'zgaradi? Suvning yashirin bug'lanish issiqligi $\Delta H = 2.255$ kJ/g, suyuq suvning molar izobarik issiqlik sig'imi turg'un bo'lib, $C = 75.30$ J/mol \cdot grad ga teng, suv bug'lining izobarik issiqlik sig'imi harorat bilan quyidagicha o'zgaradi:

$$C_p = 30.13 + 11.3 \cdot 10^{-3} T \text{ J/mol} \cdot \text{grad.}$$

73. 870K da kumush xloridning entropiyasini aniqlang. Hamma harorat da gazasida $5298 = 219.02$ J/mol \cdot grad ga teng, AgCl ning suyuqlanish harorati 723.0 K. Qattiq kumush xloridning $C_p = 66.94$ J/mol. suyuqlanish yashirin issiqligi

$\Delta H = 12886.7$ J/mol ga teng. Qattiq AgCl ning $\Delta S_{723}^0 = 90.07$ J/mol, suyuq kumush xloridning issiqlik sig'imi

$$C_p = 62.26 + 4.18 T - 1.30 \cdot 10^{-4} T^2$$

74. 1 g mol kadmiy sulfi $100^\circ C$ dan $0^\circ C$ gacha isitilganda entropiya qanchaga o'zgaradi? Kadmiy sulfidning izobarik molar issiqlik sig'imi harorat bilan quyidagicha tenglamaga muvofiq o'zgaradi:

$$C_p = 54.0 + 3.8 \cdot 10^{-3} T \text{ ; J/mol} \cdot \text{grad.}$$

13. A 10g kriptom izotermik ravishda hajmi 0,05 m³ dan 0,2 m³ gacha kaniyaganda vaqt davomida 1,013·10⁵ N/m² dan 0,2133·10⁵N/m² gacha kaniyaganda entropiyaning o'zgarishini aniqlang.

14. 1 kg suyuqlik suyuqlanishida entropiyaning o'zgarishi qanchaga teng? Misning eritilish entropiyasi 1083°C ga, solishtirma yashirin suyuqlanish issiqligi 41.6 kal/g - ga teng.

15. 1 g atom kumush 25°C dan 225°C gacha qizdirilganda entropiyaning o'zgarishini aniqlang. Misning gramm-atom izobarik issiqlik sig'imi harorat bilan quyidagicha bog'lanadi $C_p = 5,593 + 1,49 \cdot 10^{-3} T$; kal/g·atom · grad.

16. Hajmi 2 10⁻² m³ gely va 2 10⁻² m³ bo'lgan argon gazlari harorat T = 300 K va bosim P = (10) 10⁵ N/m² (1 atm)da almashtiriladi. Gazlarni harorat T = 600 K da izobarik ravishda almashtirish jarayonini entropiyasini toping.

Javob: $1.2 \cdot 10^3$ J/kmol·grad

KO'P VARIANTLI MASALALAR

1. 10 gramm bosimda q kg A modda haroratini T₁ dan T₂ gacha qizdirish (yoki sovutish) jarayonining entropiyasining o'zgarish qiymatini hisoblang. Buning uchun A moddani qalqil holdagi suyuq va gaz suyuqlash va bug'lanish haroratlarni, hamda suyuqlash va bug'lanish issiqliklaridan (ma'lumotnomadan oling) foydalaning.

Variant	A modda nomi	q, kg	T ₁ , K	T ₂ , K
1	Br ₂	25	373	173
2	Hg	40	193	673
3	CCl ₄	80	323	373
4	(H ₂ O) ₂ chumoli kislov	10	393	273
5	C ₂ H ₄ O ₂ - sirka kis	8	432	223
6	C ₂ H ₆ O - etanol	50	373	143
7	C ₄ H ₈ O - aseton	10	173	373
8	C ₄ H ₁₀ O - etil efiri	50	143	323
9	C ₅ H ₁₂ - n-pentan	35	323	133
10	H ₂ O	45	421	223

2. Miqdori 1 mol bo'lgan A gazni I – holat ($P_1 = 1.013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $T_1 = 298 \text{ K}$) dan II holatga ($P_2 T_2$)ga o'tish jarayoni entropiyasini (ΔS)toping.

Variant №	Agazi nomi	$P_1 \cdot 10^{-2}$, N/m ²	T_2 , K
1	H_2	1.33	250
2	H_2O	13.3	350
3	CH_4	1.33	500
4	CH_4	13.3	550
5	CO	133	600
6	CO_2	1330	650
7	CO_2	1.3	700
8	CO_2	13.33	750
9	C_2H_6	133.3	800
10	C_2H_6	1333	850
11	N_2	1.33	900
12	N_2	13.33	950
13	O_2	133.3	1000
14	O_2	1333	250
15	O_2	1.33	350
16	F_2	13.33	400
17	Cl_2	1333	500
18	Cl_2	1.333	550

3. Hajmlarni V_A (m³)ho'lgan A va V_B (m³)bo'lgan B moddalar T_A dan T_B haroratgacha aralashtirilgan. Jarayon $V = \text{const}$ da olib borilmoqda. Shu jarayondagi ΔS ni ortishi qiymatini hisoblang. Berilgan moddalar ideal gazlar qonuniga bo'yinsin deb va aralashmani boshlang'ich bosimi – $1.013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ (1 atm) handa boshlang'ich bosimi P ga teng deb hisoblansin.

№	A modda nomi	$V_A \cdot 10^4$, m ³	T_A , K	B modda nomi	$V_B \cdot 10^4$, m ³	T_B , K	P , N/m ²
1	H_2	1	303	N_2	2	290	101121
2	H_2O	5	388	O_2	6	310	101325
3	He	7	275	CO_2	8	290	131722
4	CH_4	7	268	C_2H_6	9	288	172293
5	CH_4	2	298	Na	3	283	303471

CO ₂	6	280	N ₂	7	310	141855
CO	7	303	CH ₄	4	289	810060
H ₂ O	1	268	Ar	6	296	206450
Ar	7	280	Cl ₂	9	299	192517
N ₂	6	333	N ₂	8	297	506625
H ₂	1	278	N ₂	8	296	50662
Cl ₂	1	308	Ar	7	292	253312

3.1.1. **3.1.1.1.** Quyidagi jadvalda berilgan suyuqliklarni °C haroratda P₁ va P₂ bosim o'rtasidagi jarayoning izobarik potensialini aniqlang.

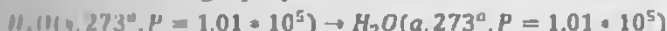
№	Suyuqliklar nomi	Zichlik, g/sm ³	Bosim, N/m ² * 10 ⁵	
			P ₁	P ₂
1	Ugleston (IV) xlorid CCl ₄	1.633	1.013	10.13
2	Anilin	1.039	0.506	4.05
3	Nitrobenzol	1.223	1.013	6.078
4	Klorbenzol	1.128	1.216	9.72
5	Xloroform	1.526	1.013	8.10
6	Benzol	0.879	1.013	5.065

3.1.2. **3.1.2.1.** Quyidagi gazlarni ideal gaz qoniniga boysunadi deb hisoblab ularni P₁ va P₂ bosim o'rtasidagi jarayonini ΔG_{ni} hisoblang.

№	Gazlarni nomi	Gazlar miqdori	Harorat °C	Bosim, N/m ² * 10 ⁵	
				P ₁	P ₂
1	Kislород	0.005 m ³	0	0.013	1.013
2	Azot	7 gr	27	0.506	3.04
3	Xlor	0.002 m ³	25	1.013	10.13
4	Vodorod	0.01 m ³	100	0.506	5.065
5	Kislород	20 gr	25	1.013	15.20
6	Foagen	0.01 m ³	20	1.013	10.13
7	Ugleston oksidi (CO)	0.003 m ³	25	0.1013	20.26
8	Vodorod oltingugurt (H ₂ S)	0.001 m ³	25	1.013	2.026

3.1.3. **3.1.3.1.** Quyidagi jarayonlarning ΔH, ΔU, ΔS va ΔG qiymatlarini toping.

3.1.3.1.1. **3.1.3.1.1.** Berilgan jarayon va uni borish sharoiti



- 5 $H_2O(s, 298^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5) \rightarrow H_2O(s, 373^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5)$
 6 $H_2O(s, 373^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5) \rightarrow H_2O(g, 373^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5)$
 7 Ideal gaz ($298^\circ, P = 1.01 \cdot 10^7 \rightarrow$) Ideal gaz ($298^\circ, P = 1.01 \cdot 10^{11}$)
 8 Ideal gaz ($298^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5 \rightarrow$) Ideal gaz ($298^\circ, P = 1.01 \cdot 10^6$)
 9 $H_2O(s, 298^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5) \rightarrow H_2O(g, 298^\circ, P = 1.01 \cdot 10^3)$
 10 $C_6H_6(s, 353^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5) \rightarrow C_6H_6(g, 353^\circ, P = 0.9 \cdot 10^5)$
 11 $C_6H_6(s, 353^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5) \rightarrow C_6H_6(g, 353^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5)$
 12 $C_6H_6(s, 353^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5) \rightarrow C_6H_6(g, 353^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5)$
 13 $H_2O(s, 373^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5) \rightarrow H_2O(g, 373^\circ, P = 0.8 \cdot 10^5)$
 14 $H_2O(s, 373^\circ, P = 1.01 \cdot 10^5) \rightarrow H_2O(g, 298^\circ, P = 1.1 \cdot 10^5)$
 15 $H_2O(s, 298^\circ, P = 1.1 \cdot 10^5) \rightarrow H_2O(g, 298^\circ, P = 1.1 \cdot 10^6)$

7. Harorat 25°C (298K) bo'lgan standart sharoitda boruvchi quyidagi javdagi berilgan kimyoviy reaksiyalarining standart izobarik potensialini ΔH° va ΔG° ning talqini berish va ularning ma'lumotnomada berilgan qiymatlar asosida hisoblang.

№	Reaksiyalar
1	$ZnO(q) + CO(g) = Zn(q) + CO_2(g)$
2	$ZnS(q) + H_2(g) = Zn(q) + H_2S(g)$
3	$2CO_2(g) = 2CO(g) + O_2(g)$
4	$CO(g) + H_2O(s) = CO_2(g) + H_2(g)$
5	$NH_3(g) + HCl(g) = NH_4Cl(q)$
6	$CO_2(g) + 4H_2(g) = CH_4(g) + 2H_2O(s)$
7	$2H_2O(s) = 2H_2(g) + O_2(g)$
8	$SO_2(g) + Cl_2(g) = SO_2Cl_2(g)$
9	$CO(g) + Cl_2(g) = COCl_2(g)$
10	$CH_3COOH(g) + 2H_2(g) = 2CH_3OH(g)$
11	$H_2(g) + HCOH(g) = CH_3OH(g)$
12	$4NH_3(g) + 5O_2(g) = 6H_2O + 4NO(g)$
13	$C_2H_4(g) + 3O_2(g) = 2CO_2(g) + 2H_2O(s)$
14	$CaCO_3(q) = CaO(q) + CO_2(g)$
15	$H_2S(g) + CO_2(g) = H_2O(g) + COS(g)$
16	$C_6H_6(g) + 3H_2 = C_6H_{12}(g)$
17	$C_2H_5OH(s) = C_2H_4(g) + H_2O(s)$
18	$2AgNO_3(q) = 2Ag(q) + 2NO_2(g) + O_2(g)$
19	$2NaHCO_3(q) = Na_2CO_3(q) + H_2O(g) + CO_2(g)$
20	$MgCO_3(q) = MgO(q) + CO_2(g)$

**MAKALALARNI AMALIY YECHISHGA DOIR
FIZIK-KIMYOVIY KATTALIKLAR MA'LUMOTNOMASI
O'LCHOV BIRLIKLARINI BELGILANISHI**

Belgilanishi	Belgilanishi		O'lchov birliklari	Belgilanishi	
	o'zbekcha	xalqaro miqyosda		o'zbekcha	xalqaro miqyosda
Uzunlik	m	m	Tor (nun simob ustuni)	tor	tor
Kuchayish	cm	cm	Kilogrammetr	kGm	kGm
Uzunlik	mk	μ	Erg	erg	erg
Kuchayish	A	A	Joul	J	J
Uzunlik	l	l	Vatt	Vt	W
Uzunlik	ml	ml	Katta kaloriya	kkal	Cal
Kuchayish	kg	kg	Kaloriya	kal	cal
Kuchayish	g	g	Kulon	k	C
Kuchayish	N	N	Volt	v	V
Kuchayish	kG	kG	Amper	a	A
Kuchayish	G	G	Om	om	Ω
Kuchayish	dn	dyn	Soat	soat	h
Kuchayish	atn	atn	Minut	min	min
Kuchayish	bar	bar	Sekund	sek	sek

**O'LCHOV BIRLIKLARINI OLDIGA QOYILADIGAN
QO'SHIMCHALARI**

Belgilanishi	Belgilanishi			Belgilanishi			
	o'zbekcha	xalqaro miqyosda	Ko'paytuvchisi	Qo'shimchalar	o'zbekcha	xalqaro miqyosda	Ko'paytuvchisi
10 ⁻²	c	c	10 ¹²	Santi	c	c	10 ⁻²
10 ⁻³	G	G	10 ⁹	Milli	m	m	10 ⁻³
10 ⁻⁶	M	M	10 ⁶	Mikro	mk	μ	10 ⁻⁶
10 ⁻⁹	k	k	10 ³	Nano	n	n	10 ⁻⁹
10 ⁻¹²	g	g	10 ²	Piko	p	p	10 ⁻¹²
10 ⁻¹⁵	da	da	10	Femto	f	f	10 ⁻¹⁵
10 ⁻¹⁸	d	d	10 ⁻¹	Atto	a	a	10 ⁻¹⁸

10⁻⁶ litr

mikrolitr, mkl = 10⁻⁶

pikosekund, psek = 10⁻¹² sek

1. Asosiy fizikviy doimiy kattaliklar

1-jadval

(Konstanta) Doimiy kattaliklar	Belgilanishi (simvoli)	Qiymati	Xatolik (oxirgi qiymatlarida)	O'lchov birliklari	
				SI	SGS
Nurning vakuumdagi tezligi	c	2,997925	3	$\times 10^8$ m·sek ⁻¹	$\times 10^{10}$ sm·sek ⁻¹
Elementar zaryad	e	1,60210	7	10^{-19} k	10^{-20} sm ^{1/2} ·g ^{1/2}
		4,80298	20	...	10^{-10} sm ^{1/2} ·g ^{1/2} ·sek ⁻¹
Avagadrosoni (uglerodshkalasibovicha)	N _A	6,02252	28	10^{23} mol ⁻¹	10^{23} mol ⁻¹
Zarrachalarning massalari					
Electron	m _e	9,1091	4	10^{-31} kg	10^{-28} g
Proton	m _p	1,67252	8	10^{-27} kg	10^{-24} g
Neytron	m _n	1,67474	10	10^{-27} kg	10^{-24} g
Faradey soni	F	9,64870	16	10^4 k·mol ⁻¹	10^1 sm ^{1/2} ·g ^{1/2} ·mol ⁻¹
Plank doimiysi	h	6,6256	5	10^{-34} J·sek	10^{-27} erg·sek
Cheksiz massa uchun	R _∞	1,097373	3	10^7 m ⁻¹	10^5 sm ⁻¹
		1			
Vodorod izotopi uchun	R _H	1,096775	12	10^7 m ⁻¹	10^5 sm ⁻¹
Geliy izotopi uchun	R _{He}	76			
		1,097222	12	10^7 m ⁻¹	10^5 sm ⁻¹
67					
Bor magnetoni	μ _B	9,2732	6	10^{-24} J·ti ⁻¹	10^{-21} erg·gs ⁻¹
Gazdoimiysi (uglerodshkalasibovicha)	R	8,3143	12	10^0 J·mol ⁻¹ ·grad ⁻¹	10^1 erg·mol ⁻¹ ·grad ⁻¹
Bolsman doimiysi	k	1,38054	18	10^{-23} J·grad ⁻¹	10^{-16} erg·grad ⁻¹
Stefan-Bolsman doimiysi	σ	5,6697	29	10^{-8} vb·m ⁻² ·grad ⁻⁴	10^{-5} erg·sm ⁻² ·sek ⁻¹ ·grad ⁻⁴

60

Ikkinchi radiatsion doimiysi	c ₂	1,43879	14	10^{-2} m·K	10^{-2} sm·K
Gravitatsiya doimiysi	G	6,670	15	10^{-11} m ³ ·sek ⁻² ·kg ⁻¹	10^{-28} sm ³ ·sek ⁻² ·g ⁻¹
Molekulaning magnit momenti doimiysi	—	2,62178	17	$10^{-23,3}$ (J·mol ⁻¹ ·grad ⁻¹) ^{1/2}	10^{-23} (erg·mol ⁻¹ ·grad ⁻¹) ^{1/2}
$(\frac{3k}{N_A})^{1/2}$					
Erkin tushish tezlanishi	g ₀	9,80665	—	10^0 m·sek ⁻²	10^{-2} sm·sek ⁻²
Borning birinchi radiusi	a ₀	5,29171	6	10^{-11} m	10^{-10} sm
R _∞ c	—	3,289847	18	10^{15} sek	10^{11} sek
R _∞ hc	—	2,17961	18	10^{18} J	10^{11} erg
$\frac{h}{2\pi}$	h	1,05445	9	10^{34} J·sek	10^{27} erg·sek
Elektr doimiysi	ε ₀	8,8542	1	10^{-12} F·m ⁻¹	—
Magnit doimiysi	μ ₀	1,2566	1	10^{-6} Gn·m ⁻¹	—

Oddiy kimyoviy moddalar, birikmalar va ionlarning suvdagi hamda suyuq ammiakdagi eritmaları uchun termodinamik kattaliklar qiymatlari

ΔH⁰₂₉₈ – Standart sharoitda oddiy moddalardan birikmalarning hosil bo'lishida entalpiyaning o'zgarishi; ΔG⁰₂₉₈ – oddiy moddalardan gidratlangan (solvatlangan) ionlarning hosil bo'lishidagi izobarik- izotermik potensial (Gibbs energiyasi)ning o'zgarishi; S⁰₂₉₈ – entropiyaning standart qiymati; C⁰_p – o'zgarish bosimidagi issiqlik sig'imi.

Jadvalda keltirilgan koeffitsiyentlar yordamida ko'rsatilgan temperatura oraligida issiqlik sig'imini hisoblash formulalari:

$$C_p^0 = a + bT - c/T^2$$

yoki

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3$$

2-jadval

r	Kimyoviy moddalar nomi	ΔH_{298}^0 , kJ/mol	S_{298}^0 , J/mol grad	Issiqlik sig'imi, J/mol grad				ΔH_{298}^0 , kkal/mol	S_{298}^0 , kkal/mol grad	Issiqlik sig'imi, kal/mol grad				Temp eratura intervali, °K
				Tenglama koeffitsiyentalari						Tenglama koeffitsiyentalari				
				a	b · 10 ³	c · 10 ⁶	d · 10 ⁹			a	b · 10 ³	c · 10 ⁶	d · 10 ⁹	
I. Oddiy kimyoviy moddalar														
Ag(kr.)	0	42,68	23,97	5,28	-0,25	23,48	0	10,20	5,73	1,26	-0,06	6,09	273-1234	
Al(kr.)	0	28,31	20,67	12,39	-	24,34	0	6,77	4,94	2,96	-	5,82	298-933	
As(kr.)	0	35,1	21,9	9,29	-	24,64	0	8,4	5,23	2,22	-	5,89	298-1100	
Au(kr.)	0	47,45	23,68	5,19	-	25,23	0	11,34	5,66	1,24	-	6,03	298-1336	
B(kr.)	0	5,87	6,44	18,4	-	11,96	0	1,40	1,54	4,40	-	2,86	273-1200	
Ba-α	0	(64,9)	22,26	13,8	-	26,36	0	(15,52)	5,32	3,30	-	6,30	298-643	
Ba-β	-	-	10,45	29,3	-	-	-	-	2,50	7,00	-	-	643-983	
Be(kr.)	0	9,54	19,0	8,87	-3,43	16,44	0	2,28	4,54	2,12	-0,82	3,93	298-1173	
Bi(kr.)	0	56,9	18,79	22,59	-	25,52	0	13,6	4,49	5,40	-	6,10	298-544	
Br(g.)	111,84	174,90	-	-	-	20,79	26,73	41,80	-	-	-	4,97	-	
Br(l.)	-218,86	163,38	-	-	-	20,79	-52,31	39,05	-	-	-	4,97	-	
Br ₂ (s.)	0	152,3	-	-	-	75,71	0	36,4	-	-	-	18,10	298	
Br ₂ (g.)	30,92	245,35	37,20	0,71	-1,19	36,0	7,39	38,64	8,89	0,17	-0,28	8,60	298-1500	
Bz(kr.)	1,897	2,38	9,12	13,22	-6,19	6,87	0,453	0,568	2,18	3,34	-1,48	1,45	298-1200	

C(kr.)	0	7,17	25,97	8,13	-	20,79	0	2,28	4,54	2,12	-0,82	3,93	298-1173
C ₂ (g.)	0	223,8	36,68	1,85	-2,52	33,84	0	53,38	8,77	8,25	-0,44	4,85	273-298
Co-α	0	30,04	21,38	14,31	-0,23	24,6	0	7,18	5,11	3,42	-0,21	5,88	298-1336
Cr(kr.)	0	23,76	24,43	9,87	-3,68	23,35	0	5,68	5,84	2,36	-0,88	5,58	298-1825
Cr ₂ (kr.)	0	84,35	-	-	-	31,4	0	20,16	-	-	-	7,50	298-303
Cu(kr.)	0	33,30	22,64	6,28	-	24,51	0	7,96	5,41	1,50	-	5,86	298-1356
D(g.)	221,68	123,24	-	-	-	20,79	52,98	29,46	-	-	-	4,97	-
D ₂ (g.)	0	144,9	27,40	4,30	-0,40	29,20	0	34,60	6,55	1,03	-0,096	6,98	500-2000
F(g.)	79,51	158,64	-	-	-	22,74	19,00	37,92	-	-	-	5,44	298
F ₂ (g.)	-259,7	145,47	-	-	-	20,79	-62,07	34,77	-	-	-	4,97	-
F ₂ (l.)	0	202,9	34,69	1,84	-3,35	31,32	0	48,6	8,29	0,44	-0,80	7,49	273-2000
Fe-α	0	27,15	19,25	21,0	-	25,23	0	6,49	4,60	5,02	-	6,03	298-700
Ga(kr.)	0	41,09	-	-	-	26,10	0	9,8	-	-	-	6,24	298
Gd(kr.)	0	42,38	23,8	16,8	-	(28,8)	0	10,1	5,69	4,02	-	(6,88)	298-1213
H(g.)	217,98	114,6	-	-	-	20,79	52,098	27,39	-	-	-	4,97	-
H ⁺ (g.)	1536,2	108,84	-	-	-	20,79	367,16	26,01	-	-	-	4,97	-
H ⁺ (l.)	125,08	108,84	-	-	-	20,79	33,39	26,01	-	-	-	4,97	-

Ti- α	0	64,22	22,01	14,48	-	26,40	0	15,35	5,26	3,46	-	6,3	273-505
U (kr.)	0	50,33	14,18	33,56	2,93	27,5	0	12,03	3,39	8,02	0,7	6,57	298-935
W (kr.)	0	32,76	24,02	3,18	-	24,8	0	7,8	5,74	0,76	-	5,93	273-2000
Zn (kr.)	0	41,59	22,38	10,04	-	25,48	0	9,94	5,35	2,4	-	6,09	273-693
Zr- α	0	38,9	28,58	4,69	-3,81	25,18	0	9,3	6,83	1,12	-0,91	6,01	298-1135
II. Noorganik kimyoviy moddalar													
AgBr (kr.)	-99,16	107,1	33,18	64,43	-	52,38	-23,7	25,6	7,93	15,40	-	12,52	298-691
AgCl (kr.)	-126,8	96,07	62,26	4,18	-11,30	50,78	-30,3	22,96	14,88	1,00	-2,70	12,14	273-725
AgI- α	(-64,2)	114,2	24,35	100,8	-	54,43	(-15,34)	27,3	5,82	24,10	-	13,01	273-423
AgNO ₃ - α	-120,7	140,9	36,65	189,1	-	(93,05)	-28,85	33,68	8,76	45,2	-	(22,24)	273-433
Ag ₂ O (kr.)	-30,56	121,7	55,48	29,46	-	65,56	-7,30	29,1	13,26	7,04	-	15,67	298-500
Ag ₂ S- α	(-33,2)	140,6	42,38	110,5	-	75,31	-7,93	33,6	10,13	26,4	-	18	273-448
Ag ₂ SO ₄ (kr.)	-713,1	199,9	96,7	117	-	131,4	-170,4	47,8	23,1	27,9	-	31,4	298-597
AlBr ₃ (kr.)	-526,2	184	78,41	78,08	-	102,5	-125,76	44	18,74	18,66	-	24,5	298-370
AlCl ₃ (kr.)	-697,4	167	55,44	117,15	-	89,1	-166,8	39,9	13,25	28	-	21,3	273-453
AlF ₃ - α	-1488	66,48	72,26	45,86	-9,62	75,1	-355,8	15,9	17,27	10,9	-2,3	17,95	298-727
Al ₂ O ₃ (korund)	-1675	50,94	114,56	12,89	-34,31	79	-400,3	12,18	27,38	3,08	8,2	18,88	298-1800
Al ₂ (SO ₄) ₃ (kr.)	-3434	239,2	366,3	62,6	-111,6	259,3	-821	57,2	87,55	14,96	-26,88	62	298-110
AsCl ₃ (g.)	-299,2	327,2	82,1	1	-5,94	75,7	-71,5	78,2	19,62	0,24	-1,42	18,1	298-2000
As ₂ O ₃ (kr.)	-656,8	107,1	35,02	203,3	-	95,65	-157,1	25,6	8,37	48,6	-	22,86	273-548
As ₂ O ₅ (kr.)	-918	105,4	-	-	-	117,5	-219,4	25,2	-	-	-	28,1	298

66

BCl ₃ (g.)	-395,4	289,8	70,54	11,97	-10,21	62,63	-94,5	69,26	16,86	2,86	-2,44	14,97	298-1800
BF ₃ (g.)	-1110	254,2	52,05	28,03	-8,87	50,53	-265,3	60,75	12,44	6,7	-2,12	12,08	298-1000
B ₂ O ₃ (kr.)	-1264	53,85	36,53	106,3	-5,48	62,97	-302	12,87	8,73	25,41	-1,31	15,05	298-723
BaCO ₃ (kr.)	-1202	112,1	86,9	49	-11,97	85,35	-287,3	26,8	20,77	11,7	-2,86	20,4	273-1040
BaCl ₂ (kr.)	-859,8	125,5	71,13	13,97	-	75,3	-205,5	30	17	3,34	-	18	273-1198
Ba(NO ₃) ₂ (kr.)	-991,6	213,7	125,7	149,4	-16,78	150,9	-237	51,07	30	35,7	-4,01	36,07	298-850
BaO (kr.)	-556,6	70,3	53,3	4,35	-8,3	47,23	-133	16,8	12,74	1,04	-1,98	11,29	298-1270
Ba(OH) ₂ (kr.)	-946,1	103,8	70,7	91,6	-	97,9	-226,1	24,8	16,9	21,9	-	23,4	298-680
BaSO ₄ (kr.)	-1465	131,8	141,4	-	-35,27	101,3	-350,2	31,5	33,8	-	-8,43	24,3	273-1300
BeO (kr.)	-598,7	14,1	35,36	16,74	-13,26	25,4	-143,1	3,37	8,45	4	-3,17	6,07	273-1175
BeSO ₄ (kr.)	-1196	90	-	-	-	88	-286	21,5	-	-	-	21	298
Bi ₂ O ₃ (kr.)	-578	151,2	103,51	33,47	-	113,5	-138,1	36,1	24,74	8	-	27,1	298-800
CO (g.)	-110,5	197,4	28,41	4,1	-0,46	29,15	-26,41	47,18	6,79	0,98	-0,11	6,97	298-2500
CO ₂ (g.)	-393,51	213,6	44,14	9,04	-8,53	37,13	-94,05	51,06	10,55	2,16	-2,04	8,87	298-2500
COCl ₂ (g.)	-223	289,2	67,16	12,11	-9,03	60,67	-53,3	69,13	1,05	2,89	-2,16	14,5	298-1000
CO ₂ S (g.)	-137,2	231,5	48,12	8,45	-8,2	41,63	-32,8	55,33	11,5	2,02	-1,96	9,95	298-1800
CS ₂ (s.)	87,8	151	-	-	-	75,65	21	36,1	-	-	-	18,08	298
CS ₂ (g.)	115,3	237,8	52,09	6,69	-7,53	45,65	27,55	56,84	12,45	1,6	-1,8	10,91	298-1800
CaC ₂ - α	-62,7	70,3	68,62	11,88	-8,66	62,34	-15	16,8	16,4	2,84	-2,07	14,9	298-720
CaCO ₃ (kalsit)	-1206	92,9	104,5	21,92	-25,94	81,85	-288,2	22,2	24,98	5,24	-6,2	19,56	298-120
CaCl ₂ (kr.)	-785,8	113,8	71,88	12,72	-2,5	72,61	-187,8	27,2	17,18	3,04	-0,6	17,36	298-1055

67

CaF ₂ -α	-1214	68,87	59,83	30,46	1,96	67,03	-290,2	16,46	14,3	7,28	0,47	16,02	298-1000
Ca(NO ₃) ₂ (kr.)	-936,9	193,2	122,9	154	-17,28	149,4	-223,9	46,2	29,37	36,8	-4,13	35,7	298-800
CaO (kr.)	-635,1	39,7	49,63	4,52	-6,95	42,8	-151,8	9,5	11,86	1,08	-1,66	10,23	298-1800
Ca(OH) ₂ (kr.)	-986,2	83,4	105,2	12	-19	87,5	-235,7	19,9	25,14	2,87	-4,54	20,9	298-600
CaHPO ₄ (kr.)	-1820	88	-	-	-	-	-435	21	-	-	-	-	-
CaHPO ₄ ·2H ₂ O (kr.)	-2409	167	-	-	-	97,1*	-575,8	40	-	-	-	23,2*	293
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ (kr.)	-3114,5	189,5	-	-	-	-	-744,4	45,3	-	-	-	-	-
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O (kr.)	-3418	259,8	-	-	-	259,2	-817	62,1	-	-	-	62	298
Ca ₃ (PO ₄) ₂ -α	-4125	240,9	201,8	166	-20,92	231,6	-985,9	57,6	48,24	39,68	-5,05	55,4	298-1373
CaS (kr.)	-478,3	56,5	42,68	15,9	-	47,4	-114,3	13,5	10,2	3,8	-	11,33	273-1000
CaSO ₄ (angidrit)	-1424	106,7	70,21	98,74	-	99,66	-340	25,5	16,78	23,6	-	23,29	299-140
CdCl ₂ (kr.)	-389	115,3	61,25	40,17	-	73,22	-93	27,56	14,64	9,6	-	17,50	273-841
CdO (kr.)	-256,1	54,8	40,38	8,7	-	43,43	-61,2	13,1	9,65	2,08	-	10,18	273-1200
CdS (kr.)	-144,3	71	54	3,8	-	55,2	-34,5	17	12,9	0,9	-	13,2	273-1273
CdSO ₄ (kr.)	-925,9	123,1	77,32	77,4	-	99,6	-21,3	29,4	18,48	18,5	-	23,8	298-1273
Cl ₂ O (g.)	75,7	266,3	53,18	3,35	-7,78	45,6	18,2	63,64	12,71	0,8	-1,86	10,8	298-200
ClO ₂ (g.)	104,6	251,3	48,28	7,53	-7,74	41,8	25	60,06	11,54	1,8	-1,85	10	298-1500
CoCl ₂ (kr.)	-325,4	106,6	60,29	61,09	-	78,6	-77,8	25,48	14,41	14,6	-	18,8	298-1000
CoSO ₄ (kr.)	-867,9	113,3	125,9	41,51	-	138	-207,4	27,1	30,09	9,92	-	33	298-700
CrCl ₃ (kr.)	-554,8	122,9	81,34	29,41	-	91,8	-132,6	29,38	19,44	7,03	-	21,94	286-319
CrO ₃ (kr.)	-594,5	72	-	-	-	-	-142,1	17,2	-	-	-	-	-

68

Cr ₂ O ₃ (kr.)	-1141	81,1	119,4	9,2	-15,65	104,6	-273	18,78	20,57	2,2	-1,78	20	298-1000
CsCl (kr.)	-432,9	100	49,79	9,54	-	52,63	-103,5	23,9	11,9	2,28	-	12,59	298-900
CsI (kr.)	-336,7	130	48,53	11,21	-	51,87	-80,5	31	11,6	2,68	-	12,4	298-894
CsOH (kr.)	-406,5	77,8	-	-	-	-	-97,2	18,6	-	-	-	-	-
CuCl (kr.)	-134,7	91,6	43,9	40,6	-	56,1	-32,2	21,9	10,5	9,7	-	13,4	273-695
CuCl ₂ (kr.)	-205,9	113	64,52	50,21	-	79,5	-49,2	27	15,42	12	-	19	273-773
CuO (kr.)	-165,3	42,64	38,79	20,08	-	44,78	-39,5	10,2	9,27	4,8	-	10,7	298-1250
CuS (kr.)	-48,5	66,5	42,05	11,05	-	47,82	-11,6	15,9	10,6	2,64	-	11,43	273-1273
CuSO ₄ (kr.)	-771,1	113,3	78,53	71,96	-	100	-184,3	27,1	18,77	17,2	-	23,9	298-9
Cu ₂ O (kr.)	-167,36	93,93	62,34	23,85	-	63,64	-40	22,44	14,9	5,7	-	16,7	298-1200
Cu ₂ S (kr.)	-82,01	119,24	39,24	130,54	-	76,24	-19,6	28,5	9,38	31,2	-	18,7	298-376
D ₂ O (g.)	-249,2	198,4	-	-	-	34,27	-59,46	47,41	-	-	-	8,19	298
D ₂ O (s.)	-298,61	72,36	-	-	-	82,42	-70,41	17,29	-	-	-	19,7	298
FeCO ₃ (kr.)	-747,68	92,88	48,66	112,13	-	82,13	-178,7	22,2	11,63	26,8	-	19,63	298-855
FeO (kr.)	-331	58,79	52,8	6,24	-3,19	48,12	-63,2	14,05	12,62	1,492	-0,762	12,2	298-1600
Fe ₂ O ₃ (kr.)	-821,32	89,96	97,74	72,13	-12,89	103,7	-196,3	21,5	23,36	17,24	-3,08	27-4,8	298-1000
Fe ₃ O ₄ (kr.)	-1117,7	151,46	167,03	78,91	-41,82	143,4	-266,9	36,2	39,92	18,86	-10,01	34,27	298-900
FeS-α	-95,4	67,36	21,71	110,5	-	50,54	-22,8	16,1	5,19	26,4	-	13,1	298-411
FeS-β	4,39	-	50,62	11,43	-	-	1,05	-	12,05	2,73	-	-	411-1468
FeSO ₄	-922,57	107,53	-	-	-	100,54	-220,5	25,7	-	-	-	24,03	298
FeS ₂ (kr.)	-177,4	53,14	74,81	5,52	-12,76	61,92	-42,4	12,7	17,88	1,32	-3,05	14,8	298-1000

69

Ga ₂ O ₃ (kr.)	-1077,4	84,64	-	-	-	92,05	-257,5	20,23	-	-	-	22	298
GeO ₂ (kr.)	-539,74	52,3	46,86	30	-	52,09	-129	12,5	11,2	7,17	-	12,45	298-1300
HBr (g.)	-35,98	198,4	26,15	5,86	1,09	29,16	-8,6	47,42	6,25	1,4	0,26	6,96	298-1600
HCN (g.)	130,54	201,79	39,37	11,3	-6,2	35,9	31,2	48,23	9,41	2,7	-1,44	8,58	298-2500
HCl (g.)	-92,3	186,7	26,53	4,6	1,00	29,16	-22,06	44,62	6,34	1,1	0,26	6,96	298-2000
HNO ₃ (s.)	-173	156,16	-	-	-	109,87*	-41,35	37,3	-	-	-	26,26	300
HNO ₃ (g.)	-133,9	266,39	-	-	-	58,58*	-32	63,67	-	-	-	14	300
HI (g.)	-268,61	173,51	27,7	2,93	-	29,16	-64,2	41,7	6,62	0,7	-	6,96	298-2000
I ₂ (g.)	25,94	206,3	26,32	5,94	0,92	29,16	6,2	49,3	6,29	1,42	0,22	6,96	298-1000
I ₂ O (g.)	-241,84	188,74	30,33	10,71	0,33	33,56	-57,8	45,11	7,17	2,56	0,08	8,02	298-2500
I ₂ O (s.)	-285,84	69,96	-	-	-	75,31	-68,32	16,75	-	-	-	18	298
I ₂ O (kr.)	-291,85	39,33	-0,197	14,16	-	-	-69,75	9,4	-0,047	33,5	-	-	<273
I ₂ O ₂ (s.)	-187,02	105,86	53,6	117,15	-	88,41	-44,7	25,3	12,81	28	-	21,15	298-450
I ₂ S (g.)	-20,15	205,64	29,37	15,4	-	33,93	-4,82	49,15	7,02	3,68	-	8,11	298-1800
H ₂ SO ₄ (s.)	-811,3	156,9	-	-	-	137,57	-193,92	37,5	-	-	-	32,88	298
H ₂ PO ₄ (s.)	-1271,9	200,83	-	-	-	106,1	-304	48	-	-	-	25,52	298
H ₃ PO ₄ (kr.)	-1283,6	176,15	-	-	-	-	-306,8	42,1	-	-	-	-	-
IgBr ₂ (kr.)	-169,45	162,76	-	-	-	-	-40,5	38,9	-	-	-	-	-
Ig ₂ Br ₂ (kr.)	-206,77	212,97	-	-	-	-	-49,42	50,9	-	-	-	-	-
HgCl ₂ (kr.)	-230,12	144,35	64,02	43,1	-	76,6	-55	34,5	15,3	10,3	-	18,3	273-553
Hg ₂ Cl ₂ (kr.)	-264,85	195,81	92,47	30,96	-	101,67	-63,3	46,8	22,1	7,8	-	24,3	273-798

70

Hg ₂ -a	-105,44	176,36	72,84	16,74	-	77,82	-25,2	42,2	17,4	-	-	18,8	273-371
HgO (qizil)	-90,37	73,22	-	-	-	45,73	-21,68	17,2	-	-	-	10,93	278-371
HgS (qizil)	-58,16	81,59	45,61	15,27	-	50,21	-13,9	19,5	10,9	3,65	-	12	278-853
Hg ₂ SO ₄ (kr.)	-742	200,83	-	-	-	131,8	-173,3	48	-	-	-	31,55	273-307
In ₂ O ₃ (kr.)	-926,76	112,97	-	-	-	93,72	-221,5	27	-	-	-	22,4	273-373
In ₂ (SO ₄) ₃ (kr.)	-2907,9	280,75	-	-	-	280,33	-695	67,1	-	-	-	67	298-373
KAl(SO ₄) ₂ (kr.)	-2465	204,5	234,1	82,34	-58,41	193	-589,14	48,88	55,95	19,68	-13,96	46,13	298-1000
KBr (kr.)	-392,04	96,65	48,37	13,89	-	53,62	-93,70	23,10	11,56	3,32	-	12,82	298-543
KCl (kr.)	-435,85	82,68	41,38	21,76	3,22	51,49	-104,17	19,76	9,89	5,20	0,77	12,31	298-1000
KClO ₃ (kr.)	-391,2	142,97	-	-	-	10,25	-93,50	34,17	-	-	-	2,45	289-371
KJ (kr.)	-327,61	104,35	50,63	8,16	-	55,06	-78,30	24,94	12,10	1,95	-	13,16	273-955
KMnO ₄ (kr.)	-813,37	171,71	-	-	-	119,25	-194,40	41,04	-	-	-	28,50	287-318
KNO ₃ -a	-492,71	132,93	60,8	118,83	-	92,27	-117,76	31,77	14,53	28,40	-	22,05	273-401
KOH (kr.)	-425,93	59,41	-	-	-	-	-101,80	14,20	-	-	-	-	-
K ₂ CrO ₄ (kr.)	-1383	200	-	-	-	146	-330,54	47,80	-	-	-	34,89	298
K ₂ Cr ₂ O ₇ (kr.)	-2033	291,21	179,08	171,54	-	219,7	-485,89	69,60	42,80	41,00	-	52,51	298-671
K ₂ SO ₄ (kr.)	-1433,4	175,73	120,37	99,58	-17,82	129,9	-342,58	42,00	28,77	23,80	-4,26	31,05	287-371
LaCl ₃ (kr.)	-1070,7	144,35	-	-	-	-	-255,90	34,50	-	-	-	-	-
Li ₂ CO ₃ (kr.)	-1215,9	90,37	-	-	-	97,4	-290,60	21,60	-	-	-	23,28	298
LiCl (kr.)	-408,78	58,16	46,02	14,18	-	51	-97,70	13,90	11,00	3,39	-	12,19	273-887
LiOH (kr.)	-487,8	42,81	50,17	34,48	-9,5	49,58	-116,58	10,23	11,99	8,24	-2,27	11,82	298,7

71

LiNO ₃ (kr.)	-482,33	105,44	38,37	150,62	-	80,12	-115,28	25,20	9,17	36,00	-	19,15	273-523
Li ₂ SO ₄ (kr.)	-1434,3	148	-	-	-	-	-342,80	35,37	-	-	-	-	-
MgCO ₃ (kr.)	-1096,2	65,69	77,91	57,74	-17,41	75,52	-261,99	15,70	18,62	13,80	-4,16	18,05	298-750
MgCl ₂ (kr.)	-641,83	89,54	79,08	5,94	-8,62	71,03	-153,40	21,40	18,90	1,42	-2,06	16,98	298-900
MgO (kr.)	-601,24	26,94	42,59	7,28	-6,19	37,41	-143,70	6,44	10,18	1,74	-1,48	8,94	298-1100
Mg(OH) ₂ (kr.)	-924,66	63,14	54,56	66,11	-	76,99	-220,99	15,09	13,04	15,80	-	18,40	298-600
MgSO ₄ ·6H ₂ O (kr.)	-3083	352	-	-	-	348,1	-736,84	84,13	-	-	-	83,20	298
MnCO ₃ (kr.)	-894,96	85,77	92,01	38,91	-19,62	81,5	-213,90	20,50	21,99	9,30	-4,69	19,48	298-700
MnCl ₂ (kr.)	-468,61	117,15	75,48	13,22	-5,73	72,86	-112,00	28,00	18,04	3,16	-1,37	17,41	273-923
MnO (kr.)	-384,93	60,25	46,48	8,12	-3,68	44,83	-92,00	14,40	11,11	1,94	-0,88	10,71	298-2000
MnO ₂ (kr.)	-519,65	53,14	69,45	10,21	-16,23	54,02	-124,20	12,70	16,60	2,44	-3,88	12,91	273-773
Mn ₂ O ₃ (kr.)	-959,81	110,46	103,5	35,06	-13,51	107,7	-229,39	26,40	24,74	8,38	-3,23	25,74	273-1000
Mn ₃ O ₄ (kr.)	-1386,6	148,53	144,9	45,27	-9,2	139,7	-331,40	35,50	34,63	10,82	-2,20	33,39	298-1350
MnS (kr.)	-205,02	78,23	47,7	7,53	-	49,9	-49,00	18,70	11,40	1,80	-	11,93	298-1800
NH ₃ (g.)	-46,19	192,5	29,8	25,48	-1,67	35,65	-11,04	46,01	7,12	6,09	-0,40	8,52	298-1800
NH ₃ (s.)	-69,87	-	-	-	-	80,75	-16,70	-	-	-	-	19,30	298
NH ₄ Cl-β	-315,39	94,56	49,37	133,89	-	84,1	-75,38	22,60	11,80	32,00	-	20,10	298-458
NH ₄ Al(SO ₄) ₂ (kr.)	-2347	216,2	-	-	-	226,4	-560,93	51,67	-	-	-	54,11	298
(NH ₄) ₂ SO ₄ (kr.)	-1179,3	220,3	103,64	281,16	-	187,07	-281,85	52,65	24,77	67,20	-	44,71	275-600
NH ₄ NO ₃ (kr.)	-365,1	150,6	-	-	-	139,3	-87,26	35,99	-	-	-	33,29	298
NO (g.)	90,37	210,62	29,58	3,85	-0,59	29,83	21,60	50,34	7,07	0,92	-0,14	7,13	298-2500

72

NO ₂ (g.)	33,89	240,45	42,93	8,54	-6,74	37,11	8,10	57,47	10,26	2,04	-1,61	8,57	298-2000
N ₂ O (g.)	81,55	220	45,69	8,62	-8,53	38,71	19,49	52,58	10,92	2,06	-2,04	9,25	298-2000
N ₂ O ₄ (g.)	9,37	304,3	83,89	39,75	-14,9	78,99	2,24	72,73	20,05	9,50	-3,56	18,88	298-1000
N ₂ O ₅ (g.)	12,5	-	-	-	-	-	2,99	-	-	-	-	-	-
NOCl (g.)	52,59	263,5	44,89	7,7	-6,95	39,37	12,57	62,98	10,73	1,84	-1,66	9,41	298-2000
NaAlO ₂ (kr.)	-1133	70,71	87,95	17,7	-17,74	73,3	-270,79	16,90	21,02	4,23	-4,24	17,52	298-1900
NaBr (kr.)	-359,8	83,7	49,66	8,79	-	52,3	-85,99	20,00	11,87	2,10	-	12,50	298-550
Na ₂ C ₂ H ₂ O ₂ (kr.)	-710,4	123,1	-	-	-	80,33	-169,79	29,42	-	-	-	19,20	298
NaCl (kr.)	-410,9	72,36	45,94	16,32	-	50,79	-98,21	17,29	10,98	3,90	-	12,14	298-1073
NaF (kr.)	-570,3	51,3	43,51	16,23	-1,38	46,82	-136,30	12,26	10,40	3,88	-0,33	11,19	298-1265
NaHCO ₃ (kr.)	-947,4	102,1	-	-	-	87,72	-226,43	24,40	-	-	-	20,97	298
NaI (kr.)	-287,9	91,2	52,3	6,78	-	54,31	-68,81	21,80	12,50	1,62	-	12,98	298-936
NaNO ₂ -α	-466,5	116,3	25,69	225,94	-	93,05	-111,49	27,80	6,14	54,00	-	22,24	298-550
NaOH-α	-426,6	64,18	7,34	125	13,38	59,66	-101,96	15,34	1,75	29,88	3,20	14,26	298-566
NaOH (s.)	6,36	-	89,58	-5,86	-	-	1,52	-	21,41	-1,40	-	-	595-1000
Na ₂ B ₄ O ₇ (kr.)	-32,9	189,5	-	-	-	186,8	-7,86	45,29	-	-	-	44,65	298
Na ₂ CO ₃ -α	-1129	136	70,63	135,6	-	110	-269,83	32,50	16,88	32,41	-	26,29	298-723
Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	-4077	2172	-	-	-	536	-974,40	519,11	-	-	-	128,10	298
Na ₂ CO ₃ (s.)	33	-	-	-	-	188,3	7,89	-	-	-	-	45,00	>1127
Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	-5297	-	-	-	-	557	-1265,9	-	-	-	-	133,12	298
Na ₂ O (kr.)	-430,6	71,1	65,69	22,59	-	72,43	-102,91	16,99	15,70	5,40	-	17,31	298-1000

73

Na_2O_2 (kr.)	-510,9	93,3	69,87,82,88	65,26	-	89,33	-122,11	22,30	#3HAC	15,60	-	21,35	298-865
Na_2S (kr.)	-389,1	94,1	-	68,61	-	103,22	-92,99	22,49	-	16,40	-	24,67	298-1000
Na_2SO_3 (kr.)	-1090	146	65	-	-	120,1	-260,51	34,89	15,54	-	-	28,70	298
Na_2SO_4 - α	-1384	149,4	121,6	220,9	-	130,8	-330,78	35,71	29,06	52,80	-	31,26	298-518
Na_2SO_4 - β	-	-	-	80,92	-	-	-	-	-	19,34	-	-	518-1157
Na_2SO_4 (s.)	24,06	-	-	-	-	197,4	5,75	-	-	-	-	47,18	1157-1850
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - α	-1117	-	-	-	-	146	-266,96	-	-	-	-	34,89	298
Na_2SiF_6 (kr.)	-2849,7	214,64	130,3	-	-	-	-681,08	51,30	31,14	-	-	-	-
Na_2SiO_3 (kr.)	-1518	113,8	-	40,17	-27,02	114,8	-362,80	27,20	-	9,60	-6,46	26,72	298-1360
Na_2SiO_3 (s.)	52,3	-	185,69	-	-	179,1	12,50	-	44,38	-	-	42,80	1360-1800
$\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ (kr.)	-23,98	164,8	-	70,54	-44,64	156,6	-5,73	39,39	-	16,86	-10,67	37,43	298-1145
$\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ (s.)	35,4	-	192,25	-	-	260,87	8,46	-	45,95	-	-	62,35	1148-1800
Na_3AlF_6 - α	-3283,6	238,5	-	123,46	-11,63	215,9	-784,78	57,00	-	29,51	-2,78	51,60	298-845
Na_3AlF_6 (s.)	115,5	-	-	-	-	390,8	27,60	-	-	-	-	93,40	>1300
Na_3PO_4 (kr.)	-192,5	234,7	-20,88	-	-	-	-46,01	56,09	-4,99	-	-	-	-
NiO - α	-239,7	38,07	38,7	157,23	16,28	44,27	-57,29	9,10	9,25	37,58	3,89	10,58	298-523
NiS (kr.)	-92,88	67,36	125,9	53,56	-	54,68	-22,20	16,10	30,09	12,80	-	13,07	298-600
NiSO_4 (kr.)	-889,1	97,1	80,12	41,58	-	138,3	-212,49	23,21	19,15	9,94	-	33,05	298-1200
PCl_3 (g.)	-277	311,7	129,5	3,1	-7,99	72,05	-66,20	74,50	30,95	0,74	-1,91	17,22	298-1000
PCl_5 (g.)	-369,45	362,9	70,08	2,92	-16,4	111,9	-88,30	86,73	16,75	0,70	-3,92	26,74	298-1500
P_2O_{10} (kr.)	-3096	280	77,78	451,9	-	204,8	-739,94	66,92	18,59	108,00	-	48,95	298-631

74

PbBr_2 (kr.)	-277	161,4	51,84	9,2	-	88,54	-66,20	38,57	12,39	1,28	-	19,25	298-800
PbCO_3 (kr.)	-700	130,96	66,78	119,7	-	87,51	-167,30	31,30	15,96	28,61	-	20,91	298-800
PbCl_2 (kr.)	-359,1	136,4	75,31	33,47	-	76,78	-85,82	32,60	18,00	8,00	-	18,35	298-700
PbI_2 (kr.)	-175,1	176,4	37,87	19,66	-	81,17	-41,85	42,16	9,05	4,70	-	19,40	298-685
PbO (suriq)	-217,86	67,4	53,14	26,78	-	45,86	-52,07	16,11	12,70	6,40	-	10,96	298-1000
PbO_2 (kr.)	-276,6	76,44	-	32,64	-	62,89	-66,11	18,27	-	7,80	-	15,03	298-1000
Pb_3O_4 (kr.)	-734,5	211,3	37,32	-	-	147	-175,55	50,50	8,92	-	-	35,13	298
PbS (kr.)	-94,38	91,2	45,86	-	-2,05	35,02	-22,56	21,80	10,96	-	-0,49	8,37	298-900
PbSO_4 (kr.)	-918,1	147,28	-	129,7	17,57	104,3	-219,43	35,20	-	31,00	4,20	24,93	298-1000
PtCl_2 (kr.)	-118	130	-	-	-	-	-28,20	31,07	-	-	-	-	-
PtCl_4 (kr.)	-226	209	-	-	-	-	-54,01	49,95	-	-	-	-	-
RaSO_4 (kr.)	-1472,7	142,26	42,55	-	-	-	-351,98	34,00	10,17	-	-	-	-
SO_2 (g.)	-296,9	248,1	-	12,55	-5,65	39,87	-70,96	59,30	-	3,00	-1,35	9,53	298-1800
SO_2Cl_2 (s.)	-389,1	217,2	-	-	-	131,8	-92,99	51,91	-	-	-	31,50	219-342
SO_2Cl_2 (g.)	-358,7	311,3	53,72	79,5	-	77,4	-85,73	74,40	12,84	19,00	-	18,50	298-500
SO_3 (g.)	-395,2	256,23	57,32	26,86	-13,05	50,63	-94,45	61,24	13,70	6,42	-3,12	12,10	298-1200
SbCl_3 (kr.)	-382,2	186,2	43,1	213,8	-	106,7	-91,35	44,50	10,30	51,10	-	25,50	273-346
Sb_2O_3 (kr.)	-700	123	79,91	71,55	-	101,25	-167,30	29,40	19,10	17,10	-	24,20	273-930
Sb_2O_5 (kr.)	-880	125,1	-	-	-	117,7	-210,32	29,90	-	-	-	28,13	298
Sb_2S_3 (qora)	-160	166,6	101,3	55,2	-	117,75	-38,24	39,82	24,21	13,19	-	28,14	273-821
SiCl_4 (s.)	-671,4	239,7	-	-	-	145,3	-160,46	57,29	-	-	-	34,73	298-331

75

SiF ₄ (g.)	-1548	281,6	91,46	13,26	-19,65	73,37	-369,97	67,30	21,86	3,17	-4,70	17,54	298-10
SiO ₂ (α- kvarts)	-859,3	42,09	46,94	34,31	-11,3	44,48	-205,37	10,06	11,22	8,20	-2,70	10,63	298-848
SiO ₂ (β- kvarts)	-	-	60,29	8,12	-	-	-	-	14,41	1,94	-	-	848-2000
SiO ₂ (α-tridimit)	-856,9	43,93	13,68	103,8	-	44,6	-204,80	10,50	3,27	24,81	-	10,66	298-390
SiO ₂ (β- tridimit)	-	-	57,07	11,05	-	-	-	-	13,64	2,64	-	-	390-2000
SiO ₂ (α-kristobalit)	-857,7	43,26	17,91	88,12	-	44,18	-204,99	10,34	4,28	21,06	-	10,56	298-500
SiO ₂ (β-kristobalit)	-	-	60,25	8,24	-	-	-	-	14,40	1,97	-	-	500-2000
SnCl ₄ (kr.)	-349,6	136	67,78	38,74	-	79,4	-83,55	32,50	16,20	9,26	-	18,98	298-520
SnCl ₄ (s.)	-544,9	258,5	-	-	-	165,2	-130,23	61,78	-	-	-	39,48	298-388
SnO (kr.)	-286	56,74	39,96	14,64	-	44,31	-68,35	13,56	9,55	3,50	-	10,59	298-1273
SnO ₂ (kr.)	-580,8	52,34	73,89	10,04	-21,59	52,59	-138,81	12,51	17,66	2,40	-5,16	12,57	273-1500
SnS (kr.)	-101,8	77	35,69	31,3	3,77	49,25	-24,33	18,40	8,53	7,48	0,90	11,77	298-875
SnSO ₄ (kr.)	-1444	121,7	91,2	55,65	-	107,8	-345,12	29,09	21,80	13,30	-	25,76	288-1500
TeCl ₄ (kr.)	-323	27,5	-	-	-	138,5	-77,20	6,57	-	-	-	33,10	298-497
TeO ₂ (kr.)	-325,5	73,7	57,95	28,74	-	66,48	-77,79	17,61	13,85	6,87	-	15,89	298-1000
Th(OH) ₄ (kr.)	-1763,6	133,9	-	-	-	-	-421,50	32,00	-	-	-	-	-
ThO ₂ (kr.)	-1231	65,24	66,27	12,05	-6,69	62,34	-294,21	15,59	15,84	2,88	-1,60	14,90	298-1800
TiCl ₄ (s.)	-800	249	-	-	-	156,9	-191,20	59,51	-	-	-	37,50	285-410
TiCl ₄ (g.)	-759,8	352	106,5	1	-9,87	95,69	-181,59	84,13	25,45	0,24	-2,36	22,87	298-2000
TiO ₂ (rutil)	-943,9	50,23	71,71	4,1	-14,64	56,44	-225,59	12,00	17,14	0,98	-3,50	13,49	298-1800
TiO ₂ (anataz)	-	49,9	72,01	4,52	-15,02	56,45	-	11,93	17,21	1,08	-3,59	13,49	298-1300

76

TlCl (kr.)	-204,97	111,2	50,21	8,37	-	52,72	-48,99	26,58	12,00	2,00	-	12,60	298-760
TlCl (g.)	-68,41	255,6	37,4	-	-1,05	36,23	-16,35	61,09	8,94	-	-0,25	8,66	298-2000
Ti ₂ O (kr.)	-178	99,5	-	-	-	-	-42,54	23,78	-	-	-	-	-
UF ₄ (kr.)	-1854	151,2	-	-	-	17,6	-443,11	36,14	-	-	-	4,21	298
UF ₆ (kr.)	-2163	227,8	-	-	-	166,75	-516,96	54,44	-	-	-	39,85	298
UF ₆ (g.)	-2113	379,7	149	8,45	-19,37	129,7	-505,01	90,75	35,61	2,02	-4,63	31,00	298-1000
UO ₂ (kr.)	-1084,5	77,95	80,33	6,78	-16,56	63,76	-259,20	18,63	19,20	1,62	-3,96	15,24	298-1500
U ₃ O ₈ (kr.)	-3583,6	281,8	-	-	-	237,9	-856,48	67,35	-	-	-	56,86	373-593
UO ₂ F ₂ (kr.)	-1637,6	135,6	-	-	-	103,2	-391,39	32,41	-	-	-	24,66	273-425
UO ₂ (NO ₃) ₂ (kr.)	-1377	276,1	-	-	-	-	-329,10	65,99	-	-	-	-	-
ZnCO ₃ (kr.)	-810,7	82,4	38,9	138	-	80,18	-193,76	19,69	9,30	32,98	-	19,16	293-573
ZnO (kr.)	-349	43,5	48,99	5,1	-9,12	40,25	-83,41	10,40	11,71	1,22	-2,18	9,62	273-1573
ZnS (kr.)	-201	57,7	50,88	5,19	-5,69	46,02	-48,04	13,79	12,16	1,24	-1,36	11,00	298-1200
ZnSO ₄ (kr.)	-978,2	124,6	71,42	87,03	-	97,35	-233,79	29,78	17,07	20,80	-	23,27	298-1000
ZrCl ₄ (kr.)	-982	186,1	133,6	-	-12,18	119,9	-234,70	44,48	31,93	-	-2,91	28,66	298-550
ZrO ₂ -α	-1094	50,32	69,62	7,53	-14,06	56,04	-261,47	12,03	16,64	1,80	-3,36	13,39	298-1478

77

№	Organik kimyoviy maddalar nom	ΔH _f ^o , kJ/mol	S ^o , J/mol grad	Issiqlik sig'imi, J/mol grad				C ^o , J/mol grad	ΔH _f ^o , kJ/mol	S ^o , J/mol grad	Issiqlik sig'imi, kJ/mol grad				C ^o , J/mol grad	Temp eratura intervali, °K
				Teqlama koeffitsiyentlan							Teqlama koeffitsiyentlan					
				a	10 ¹ b	10 ² c	10 ³ d				a	10 ¹ b	10 ² c	10 ³ d		
III. Organik kimyoviy maddalar Uglevodlar																
	C ₁ H ₄ (g.) metan	-74,85	186,19	17,45	60,46	1,117	-7,2	35,79	-17,89	44,50	4,17	14,45	0,27	-1,72	8,55	298-1500
	C ₂ H ₂ (g.) etin	226,75	200,8	23,46	85,77	-58,34	15,87	43,93	54,19	47,99	5,61	20,50	-13,94	3,79	10,50	298-1500
	C ₂ H ₄ (g.) etilen	52,28	219,4	4,196	154,59	-81,09	16,82	43,63	12,49	52,44	1,00	36,95	-19,38	4,02	10,43	298-1500
	C ₂ H ₆ (g.) etan	-84,67	229,5	4,494	182,26	-74,86	10,8	52,7	-20,24	54,85	1,07	43,56	-17,89	2,58	12,60	298-1500
	C ₃ H ₄ (g.) propin	192,1	234,9	13,07	175,3	-71,17	-	58,99	45,91	56,14	3,12	41,90	-17,01	-	14,10	298-1000
	C ₃ H ₆ (g.) propilen	20,41	226,9	3,305	235,86	-117,6	22,68	63,89	4,88	54,23	0,79	56,37	-28,11	5,42	15,27	298-1500
	C ₃ H ₈ (g.) propan	-103,9	269,9	-4,8	307,3	-160,1	32,75	73,51	-24,83	64,51	-1,15	73,44	-38,28	7,83	17,57	298-1500
	C ₄ H ₆ (g.) 1,3-butadien	111,9	278,7	-2,96	340,08	-223,7	56,53	79,54	26,74	66,61	-0,71	81,28	-53,46	13,51	19,01	298-1500
	C ₄ H ₈ (g.) 1-butilen	1,17	307,4	2,54	344,9	-191,3	41,66	89,33	0,28	73,47	0,61	82,43	-45,72	9,96	21,35	298-1500
	C ₄ H ₈ (g.) cis-2-butilen	-5,7	300,8	-2,72	307,1	-111,3	-	78,91	-1,36	71,89	-0,65	73,40	-26,60	-	18,86	298-1000
	C ₄ H ₈ (g.) trans-2-butilen	-10,06	296,5	8,38	307,54	-148,3	27,28	87,82	-2,40	70,86	2,00	73,50	-35,44	6,52	20,99	298-1500
	C ₄ H ₈ (g.) 2-metil propilen	-13,99	293,6	7,08	321,63	-166,1	33,5	89,12	-3,34	70,17	1,69	76,87	-39,69	8,01	21,30	298-1500
	n-C ₄ H ₁₀ (g.) n-butanol	-124,7	310	0,469	385,38	-198,9	39,97	97,78	-29,80	74,09	0,11	92,11	-47,53	9,55	23,37	298-1500
	iso-C ₄ H ₁₀ (g.) izobutan	-131,6	294,64	-6,84	409,64	-220,5	45,74	96,82	-31,45	70,42	-1,63	97,90	-52,71	10,93	23,14	298-1500
	C ₅ H ₈ (g.) siklopentan	-77,24	292,9	-54,39	545,8	-307,7	66,59	82,93	-18,46	70,00	-13,00	130,45	-73,54	15,92	19,82	298-1500

	C ₅ H ₁₀ (s.) siklopentana	-105,9	204,1	-	-	-	-	126,73	-25,31	44,78	-	-	-	-	30,29	298
	n-C ₅ H ₁₂ (g.) n-pentan	-146,4	348,4	1,44	476,5	-250,4	51,24	122,6	-34,99	83,27	0,34	113,88	-59,85	12,25	29,30	298-1500
	C ₅ H ₁₂ (g.) 2-metil butan	-154,5	343	-9,29	517,7	-292,9	64,78	120,6	-36,93	81,98	-2,22	123,73	-70,00	15,48	28,82	298-1500
	C ₅ H ₁₂ (s.) 2-metil butan	-179,3	260,4	-	-	-	-	164,9	-42,85	62,24	-	-	-	-	39,41	298
	C ₅ H ₁₂ (g.) 2,2-dimetil propan (neopentan)	-166	306,4	-15,1	548,6	-322,9	73,54	121,63	-39,67	73,23	-3,61	131,12	-77,17	17,58	29,07	298-1500
	C ₆ H ₆ (g.) benzol	82,93	269,2	-33,9	471,87	-298,3	70,84	81,67	19,82	64,34	-8,10	112,78	-71,30	16,93	19,52	298-1500
	C ₆ H ₆ (s.) benzol	49,04	173,2	59,5	255,02	-	-	136,1	11,72	41,39	14,22	60,95	-	-	32,53	281-353
	C ₆ H ₁₀ (g.) sikloheksan	-123,1	298,2	-51,72	598,8	-230	-	106,3	-29,42	71,27	-12,36	143,11	-54,97	-	25,41	298-1000
	n-C ₆ H ₁₄ (g.) n-eksan	-167,1	386,8	3,08	565,8	-300	62,06	146,7	-39,96	92,45	0,74	135,23	-71,70	14,83	35,06	298-1500
	n-C ₆ H ₁₄ (s.) n-eksan	-198,8	296	-	-	-	-	195	-47,51	70,74	-	-	-	-	46,61	298
	C ₇ H ₈ (g.) toluol	50	319,7	-33,88	557	-342,4	79,87	103,8	11,95	76,41	-8,10	133,12	-81,83	19,09	24,81	298-1500
	C ₇ H ₈ (s.) toluol	8,08	219	-	-	-	-	166	1,93	52,34	-	-	-	-	39,67	298
	n-C ₇ H ₁₆ (g.) n-geptan	-187,8	425,3	5,02	653,76	-348,7	72,32	170,8	-44,89	101,65	1,20	156,25	-83,34	17,28	40,82	298-1500
	n-C ₇ H ₁₆ (s.) n-geptan	-224,4	328	-	-	-	-	224,7	-53,63	78,39	-	-	-	-	53,70	298
	o-C ₇ H ₁₄ (g.) o-ketol	19	352,8	-14,81	591,1	-339,6	74,7	133,3	4,54	84,32	-3,54	141,27	-81,16	17,85	31,86	298-1500
	o-C ₇ H ₁₄ (s.) o-ketol	-24,4	246	-	-	-	-	188,8	-3,83	58,79	-	-	-	-	45,12	298
	m-C ₇ H ₁₄ (g.) m-ketol	17,24	357,2	-27,38	620,9	-363,9	81,38	127,6	4,12	85,37	-6,54	148,40	-86,97	19,45	30,50	298-1500
	m-C ₇ H ₁₄ (s.) m-ketol	-25,42	252,2	-	-	-	-	183,2	-6,08	60,28	-	-	-	-	43,78	298
	p-C ₇ H ₁₄ (g.) p-ketol	17,95	352,4	-25,92	609,7	-350,6	76,88	126,9	4,29	84,22	-6,19	145,72	-83,79	18,37	30,33	298-1500

p-C ₆ H ₄ (s.) p-katolol	-24,34	247,4	-	-	-	-	183,8	-5,82	59,13	-	-	-	-	43,93	298
n-C ₆ H ₄ (g.) n-oktan	-208,4	463,7	6,91	741,9	-397,3	82,64	194,9	-49,81	110,82	1,65	177,31	-94,95	19,75	46,58	298-1500
C ₁₀ H ₈ (kr.) naftalin	75,44	167,4	-	-	-	-	165,7	18,03	40,01	-	-	-	-	39,60	298
C ₁₀ H ₁₀ (kr.) difenil	96,65	206	-	-	-	-	195	23,10	49,23	-	-	-	-	46,61	298
C ₁₀ H ₁₆ (kr.) mirrasen	128	207,5	-	-	-	-	209	30,59	49,59	-	-	-	-	49,95	298
C ₁₁ H ₁₂ (kr.) fenantren	113	211,7	-	-	-	-	231	27,01	50,60	-	-	-	-	55,21	298
Klorod saqlovchi organik birikmalar															
CH ₂ O (g.) chumoli aldegid	-115,9	218,8	18,82	58,38	-15,61	-	35,34	-27,70	52,29	4,50	13,95	-3,73	-	8,45	298-1500
CH ₂ O ₂ (s.) chumoli kislotasi	-422,8	129	-	-	-	-	99	-101,1	30,83	-	-	-	-	23,66	298
C ₂ H ₂ O ₂ (g.) chumoli kislotasi	-376,7	251,6	19,4	112,8	-47,5	-	48,7	-90,03	60,13	4,64	26,96	-11,35	-	11,64	298-1000
CHO (s.) metil spirt	-238,7	126,7	-	-	-	-	81,6	-57,05	30,28	-	-	-	-	19,50	298
CH ₃ O (g.) metil spirt	-201,7	239,7	15,28	105,2	-31,04	-	43,9	-48,09	57,29	3,65	25,14	-7,42	-	10,49	298-1000
C ₂ H ₃ O ₂ (kr.) shavel kislotasi	-826,8	120,1	-	-	-	-	109	-197,6	28,70	-	-	-	-	26,05	298
C ₂ H ₃ O (g.) sirkas aldegid	-166	264,2	13	153,5	-53,7	-	54,64	-39,67	63,14	3,11	36,69	-12,83	-	13,06	298-1000
C ₂ H ₄ O (g.) etilen oksid	-51	243,7	-9,6	232,1	-140,4	32,9	48,5	-12,19	58,24	-2,29	55,47	-33,58	7,86	11,59	298-1000
C ₂ H ₃ O ₂ (s.) sirkas kislotasi	-484,5	159,8	-	-	-	-	123,4	-115,9	38,19	-	-	-	-	29,49	298
C ₂ H ₃ O ₂ (g.) sirkas kislotasi	-437,4	282,5	5,56	243,5	-151,9	36,8	66,5	-104,5	67,52	1,33	58,20	-36,30	8,80	15,89	298-1500
C ₂ H ₅ O (s.) etil spirt	-277,6	160,7	-	-	-	-	111,4	-66,35	38,41	-	-	-	-	26,62	298
C ₂ H ₅ O (g.) etil spirt	-235,3	282	19,07	212,7	-108,6	21,9	73,6	-56,24	67,40	4,56	50,84	-25,96	5,23	17,59	298-1500

80

C ₂ H ₅ O (g.) etil spirt	-185,4	266,6	-	-	-	-	65,94	-44,31	65,72	-	-	-	-	15,76	298
C ₂ H ₅ O ₂ (s.) etilspirt kislotasi	-454,9	179,5	-	-	-	-	151	-108,7	42,90	-	-	-	-	36,09	298
C ₂ H ₅ O ₂ (g.) etilspirt kislotasi	-397,9	323,5	-	-	-	-	-	-95,10	77,32	-	-	-	-	-	-
C ₃ H ₈ O (s.) aceton	-247,7	200	-	-	-	-	125	-59,20	47,80	-	-	-	-	29,88	298
C ₃ H ₈ O (g.) aceton	-216,4	294,9	22,47	201,8	-63,5	-	74,9	-51,72	70,48	5,37	48,23	-15,18	-	17,90	298-1500
n-C ₃ H ₇ O (s.) n-propil spirt	-306,6	192,9	-	-	-	-	148,6	-73,28	46,10	-	-	-	-	35,52	298
n-C ₃ H ₇ O (g.) n-propil spirt	-260,4	317,6	-	-	-	-	-	-62,24	75,91	-	-	-	-	-	-
iso-C ₃ H ₇ O (s.) izopropil spirt	-318,7	180	-	-	-	-	153,4	-76,17	43,02	-	-	-	-	36,66	298
iso-C ₃ H ₇ O (g.) izopropil spirt	-275,4	306,3	-	-	-	-	-	-65,82	73,21	-	-	-	-	-	-
C ₃ H ₇ O ₂ (s.) glitserin	-659,4	207,9	-	-	-	-	223	-157,6	49,69	-	-	-	-	53,30	298
C ₃ H ₇ O ₂ (kr.) mal'in kislotasi	-787,8	159	-	-	-	-	137	-188,3	38,00	-	-	-	-	32,74	298
C ₃ H ₇ O ₂ (kr.) fumar kislotasi	-811	166	-	-	-	-	142	-193,8	39,67	-	-	-	-	33,94	298
C ₃ H ₇ O ₂ (s.) moy kislotasi	-524,3	255	-	-	-	-	178	-125,3	60,95	-	-	-	-	42,54	298
C ₃ H ₇ O ₂ (s.) sirkas etil ester	-469,5	259	-	-	-	-	170	-112,2	61,90	-	-	-	-	40,63	298
C ₃ H ₇ O ₂ (s.) 1,4-dioxan	-400,1	196,6	-	-	-	-	152,9	-95,79	46,99	-	-	-	-	36,54	298
C ₃ H ₇ O (s.) siklopentanol	-300,2	206	-	-	-	-	184	-71,75	49,23	-	-	-	-	43,98	298
n-C ₃ H ₇ O ₂ (s.) n-amil spirt	-360,7	254,8	-	-	-	-	209,2	-86,06	60,90	-	-	-	-	50,00	298
n-C ₃ H ₇ O ₂ (g.) n-amil spirt	-307,7	381,6	-	-	-	-	-	-73,42	91,20	-	-	-	-	-	-

81

C_6H_6O (kr.) fenol	-162,3	142	-	-	-	-	134,7	-38,91	33,94	-	-	-	-	32,19	298
$C_7H_6O_2$ (kr.) gidronon	-363	-	-	-	-	-	142	-86,76	-	-	-	-	-	33,94	298
$C_6H_6O_2$ (kr.) nonon	-186,8	-	-	-	-	-	132	-44,65	-	-	-	-	-	31,55	298
$C_7H_6O_2$ (kr.) benzoy kislotasi	-385,2	167,6	-	-	-	-	146,8	-92,06	40,06	-	-	-	-	35,09	298
C_6H_6O (s.) benzil spirt	-161	216,7	-	-	-	-	217,8	-38,48	51,79	-	-	-	-	52,05	298
$C_6H_4O_2$ (kr.) fal kislotasi anhidridi	-460,4	179,5	-	-	-	-	161,8	-110	42,90	-	-	-	-	38,67	298
$C_6H_4O_4$ (kr.) fal kislotasi	-781,9	207,9	-	-	-	-	188,2	-186,9	49,69	-	-	-	-	44,98	298
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (kr.) sukrozasi	-581,6	-	-	-	-	-	-	-139,0	-	-	-	-	-	-	-
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (kr.) sakarozasi	-2221	360	-	-	-	-	425	-530,8	86,04	-	-	-	-	101,58	298
Galogen saqlovchi organik birikmalar															
CH_3F (g.) metil florid	-247	222,8	9,75	97,3	-29,1	-	37,4	-59,03	53,25	2,33	23,25	-6,95	-	8,94	298-1500
CH_2Cl (g.) metil xlorid	-82	233,5	15,57	92,74	-28,3	-	40,71	-19,60	55,81	3,72	22,16	-6,77	-	9,73	298-1500
CH_2Br (g.) metil bromid	-35,6	245,8	18,53	89,4	-27,28	-	42,4	-8,51	58,75	4,43	21,37	-6,52	-	10,13	298-1500
CH_3I (s.) metil yodid	-8,4	162,7	-	-	-	-	127,2	-2,01	38,89	-	-	-	-	30,40	298
CH_3I (g.) metil yodid	20,6	253	19,67	92,67	-32,28	-	44,1	4,92	60,47	4,70	22,15	-7,71	-	10,54	298-1000
CH_2F_2 (g.) diflorometan	-441,6	246	11,39	118,2	-46	-	43	-105,5	58,79	2,72	28,25	-10,95	-	10,28	298-1000
CH_2Cl_2 (s.) dxlorometan	-117,1	178,6	-	-	-	-	100	-27,99	42,69	-	-	-	-	23,90	298
CH_2Cl_2 (g.) dxlorometan	-87,9	270,2	16,1	144,4	-98,6	25,2	51,1	-21,01	64,58	3,85	34,51	-23,57	6,02	12,21	298-1000
CHF_3 (g.) triflorometan	-680,3	259,5	18,8	127,9	-55,78	-	51,09	-162,6	62,02	4,49	30,57	-13,33	-	12,21	298-1000

82

$CHCl_3$ (s.) trixlorometan (xloroform)	-131,8	202,9	-	-	-	-	116,3	-31,50	48,49	-	-	-	-	27,80	298
$CHCl_3$ (g.) trixlorometan (xloroform)	-100,4	295,6	81,38	16	-18,7	-	65,7	-24,00	70,65	19,45	3,82	-4,47	-	15,70	298-1000
CF_4 (g.) tetraflorometan	-908	262	85,67	15,9	-26,3	-	61,2	-217	62,62	20,48	3,80	-6,29	-	14,63	298-1000
CCl_4 (s.) tetraxlorometan	-139,3	214,4	-	-	-	-	131,7	-33,29	51,24	-	-	-	-	31,48	298
CCl_4 (g.) tetraxlorometan	-106,7	309,7	97,65	9,62	-15,06	-	83,4	-25,50	74,02	23,34	2,30	-3,60	-	19,93	298-1000
C_2H_5F (g.) etil florid	-297	364,8	8,39	190,2	-67,83	-	58,6	-70,98	87,19	2,01	45,46	-16,21	-	14,01	298-600
C_2H_5Cl (g.) etil xlorid	-105	274,8	13,07	188,5	-71,94	-	62,3	-25,10	65,68	3,12	45,05	-17,19	-	14,89	298-700
C_6H_5F (s.) florbenzol	-145,4	205,9	-	-	-	-	146,4	-34,75	49,21	-	-	-	-	34,99	298
C_6H_5F (g.) florbenzol	-109,7	323,5	-34,2	532	-375,8	98	94,4	-26,22	77,32	-8,17	127,15	-89,82	23,42	22,56	298-1500
C_6H_5Cl (s.) xlorbenzol	10,65	194,1	-	-	-	-	150,1	2,55	46,39	-	-	-	-	35,87	298
C_6H_5Cl (g.) xlorbenzol	52,13	313,2	-33,9	558	-445,2	139,4	97,1	12,46	74,85	-8,10	133,36	-106,4	33,32	23,21	298-1000
C_6H_5F (s.) florbenzol	-618,6	271,5	-	-	-	-	188,4	-147,8	64,89	-	-	-	-	45,03	298
C_6H_5F (g.) florbenzol	-581	372,6	-33,4	681,3	-490,5	129	130,4	-138,9	89,05	-7,98	162,83	-117,2	30,83	31,17	298-1500
Azot saqlovchi organik birikmalar															
CH_3N (g.) metilamin	-28,0	241,6	16,34	130,6	-38,4	-	51,7	-6,70	57,74	3,91	31,21	-9,19	-	12,36	298-1500
CH_3N_2 (g.) diazometan	192	238,7	54,02	31,5	-13,10	-	48,85	45,89	57,05	12,91	7,53	-3,15	-	11,68	298-1000
CH_4N_2 (s.) metilgidrazin	-	165,5	-	-	-	-	134,5	-	39,65	-	-	-	-	32,24	298
CH_4N_2 (g.) metilgidrazin	-	278,7	25,3	179	-56,4	-	71,13	-	66,61	6,05	42,78	-13,44	-	17,00	298-1500

83

C_8H_8N (g) dimetilamin	-27,61	273,1	-3,1	283,1	-152,2	32	69,4	-6,60	65,27	-0,74	67,66	-36,31	7,65	16,59	298-1500
C_8H_8N (g) trimetilamin	-46,01	288,8	-11,95	414,2	-245,1	56,8	91,76	-11,00	69,02	-2,86	98,99	-58,75	13,58	21,93	298-1500
$C_{11}H_{12}N$ (s) peridin	99,95	177,9	-	-	-	-	132,7	23,89	42,52	-	-	-	-	31,72	298
C_8H_8N (g) peridin	140,2	282,8	-38,6	479,5	-326,6	83,1	78,12	33,51	67,59	-9,23	114,60	-78,06	19,86	18,67	298-1500
C_8H_8N (g) metila	29,7	192	-	-	-	-	191	7,10	45,89	-	-	-	-	45,65	298
C_8H_8N (g) metila	82,4	301	-	-	-	-	-	19,69	71,94	-	-	-	-	-	-
CH_3NO_2 (kr.) metanitrat	-333,1	104,6	-	-	-	-	98,14	-79,61	25,00	-	-	-	-	22,26	298
C_2H_5ON (kr.) aminosetana klorata (etiloksid)	-524,9	109,2	-	-	-	-	100,3	-125,5	26,10	-	-	-	-	23,97	298
$C_8H_8O_2N$ (g) nitrobenzola	11,2	224,3	-	-	-	-	187,3	2,68	53,61	-	-	-	-	44,76	298

3. Suvli eritmalaridagi ionlarning fizik kimyoviy kattaliklari¹⁴

3-jadval

ion	ΔH°_{298} kJ/g-ion	ΔG°_{298} kJ/g-ion	S°_{298} J/g-ion-grad	$\Delta H^{\circ}_{f,298}$ kkal/g-ion	ΔG°_{298} kkal/g-ion	S°_{298} kal/g-ion-grad
Ag ⁺	105,9	77,11	73,93	25,31	18,43	17,67
Al ³⁺	-524,7	-481,2	-313,4	-125,40	-115,01	-74,90
AsO ₄ ³⁻	-870,3	-636	-144,8	-208,00	-152,00	-34,61
Ba ²⁺	-538,36	-560,7	13	-128,67	-134,01	3,11
Br ⁻	-120,92	-102,82	80,71	-28,90	-24,57	19,29
BrO ₃ ⁻	-40,2	45,6	161,1	-9,61	10,90	38,50
(CH ₃ COO) ⁻	-488,87	-375,39	-	-116,84	-89,72	-
CN ⁻	151	165,7	92	36,09	39,60	21,99
CO ₃ ²⁻	-676,26	-528,1	-53,1	-161,63	-126,22	-12,69
C ₂ O ₄ ²⁻	-824,2	-674,9	51	-196,98	-161,30	12,19
Cu ²⁺	-542,96	-553,04	-55,2	-129,77	-132,18	-13,19
Cd ²⁺	-72,38	-77,74	-61,1	-17,30	-18,58	-14,60
Cl ⁻	-167,46	-131,17	55,1	-40,02	-31,35	13,17
ClO ⁻	-107,65	-38,53	47,53	-25,73	-9,21	11,36
ClO ₂ ⁻	-69	14,6	100,4	-16,49	3,49	24,00
ClO ₃ ⁻	-98,32	-2,59	163,2	-23,50	-0,62	39,00
ClO ₄ ⁻	-131,42	-10,75	180,7	-31,41	-2,57	43,19
Co ²⁺	-67,4	-51,5	-111,7	-16,11	-12,31	-26,70
CrO ₄ ²⁻	-863,2	-706,5	38,5	-206,30	-168,85	9,20
Cs ⁺	-247,7	-282,04	133,1	-59,20	-67,41	31,81
Cu ⁺	71,5	50,2	39,3	17,09	12,00	9,39
Cu ²⁺	64,39	64,98	-98,7	15,39	15,53	-23,59
F ⁻	-329,11	-276,48	-9,6	-78,66	-66,08	-2,29
Fe ²⁺	-87,9	-84,94	-113,4	-21,01	-20,30	-27,10

Fe ³⁺	-47,7	-10,54	-293,3	-11,40	-2,52	-70,10
H ⁺	0	0	0	0,00	0,00	0,00
HCOO ⁻	-410	-334,7	91,6	-97,99	-79,99	21,89
HCO ₃ ⁻	-691,11	-587,06	95	-165,18	-140,31	22,71
Hg ²⁺	174,01	164,77	-22,6	41,59	39,38	-5,40
Hg ₂ ²⁺	168,2	154,18	74,1	40,20	36,85	17,71
HPO ₄ ²⁻	-1298,7	-1094,1	-36	-310,39	-261,49	-8,60
H ₂ PO ₄ ⁻	-1302,5	-1135,1	89,1	-311,30	-271,29	21,29
HS ⁻	-17,66	12,59	61,1	-4,22	3,01	14,60
HSO ₃ ⁻	-627,98	-527,31	132,38	-150,09	-126,03	31,64
HSO ₄ ⁻	-885,75	-752,87	126,86	-211,69	-179,94	30,32
J ⁻	-55,94	-51,67	109,37	-13,37	-12,35	26,14
JO ₃ ⁻	-230,1	-135,6	115,9	-54,99	-32,41	27,70
Ni ²⁺	-64	-64,4	-123	-15,30	-15,39	-29,40
OH ⁻	-229,94	-157,3	-10,54	-54,96	-37,59	-2,52
PO ₄ ³⁻	-1284,1	-1025,5	-218	-306,90	-245,09	-52,10
Pb ²⁺	1,63	-24,31	21,3	0,39	-5,81	5,09
Rb ⁺	-246,4	-282,21	124,3	-58,89	-67,45	29,71
K ⁺	-251,21	-282,28	102,5	-60,04	-67,46	24,50
Li ⁺	-278,46	-293,8	14,2	-66,55	-70,22	3,39
Mg ²⁺	-461,96	-456,01	-118	-110,41	-108,99	-28,20
Mn ²⁺	-218,8	-223,4	-79,9	-52,29	-53,39	-19,10
MnO ₄ ⁻	-518,4	-425,1	190	-123,90	-101,60	45,41
NH ₄ ⁺	-132,8	-79,5	112,84	-31,74	-19,00	26,97
NO ₂ ⁻	-106,3	-353,5	125,1	-25,41	-844,87	29,90
NO ₃ ⁻	-206,57	-110,5	146,4	-49,37	-26,41	34,99
Na ⁺	-239,66	-261,87	60,2	-57,28	-62,59	14,39
S ²⁻	41,8	83,7	-26,8	9,99	20,00	-6,41

SO_4^{2-}	-907,51	-742,99	17,2	-216,89	-177,57	4,11
Br^-	-545,51	-557,3	-26,4	-130,38	-133,19	-6,31
U^{VI}	-514,6	-520,5	-126	-122,99	-124,40	-30,11
U^{IV}	-613,8	-579,1	-326	-146,70	-138,40	-77,91
UO_2^{2+}	-1035,1	-994,1	50	-247,39	-237,59	11,95
V^{5+}	-152,42	-147,21	-106,48	-36,43	-35,18	-25,45

4. Suyuq ammiakdagi ionlarning fizik kimyoviy kattaliklari

4-jadval

Ion	$\Delta H^{\circ f, 298}$ kJ/g-ion	$\Delta G^{\circ 298}$ kJ/g-ion	$S^{\circ 298}$ J/g-ion grad	$\Delta H^{\circ f, 298}$ kkal/g-ion	$\Delta G^{\circ 298}$ kkal/g-ion	$S^{\circ 298}$ kal/g-ion grad
Ag^+	108,8	73,6	96,2	26,00	17,59	22,99
Br^-	-246,9	-167,4	-126,8	-59,01	-40,01	-30,31
Ca^{2+}	-418,4	-418	-87,9	-100,00	-99,90	-21,01
Cl^-	-274,9	-184,5	-126,8	-65,70	-44,10	-30,31
ClO_2^-	-199,6	-74,1	62,8	-47,70	-17,71	15,01
Cs^+	-163,2	-193,7	121,3	-39,00	-46,29	28,99
H^+	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Hg^{2+}	189,1	129,3	146,4	45,19	30,90	34,99
I^-	-189,5	-121,3	-104,6	-45,29	-28,99	-25,00
K^+	-169,4	-196,6	89,5	-40,49	-46,99	21,39
Li^+	-205	-225,9	33,5	-49,00	-53,99	8,01
NH_2^-	42,3	141,8	-41,8	10,11	33,89	-9,99
NH_4^+	-67,4	-11,3	103,3	-16,11	-2,70	24,69
NO_2^-	-324,7	-178,6	-20,9	-77,60	-42,69	-5,00
Na^+	-159,4	-182,4	63,2	-38,10	-43,59	15,10
Pb^{2+}	87,9	54,4	46	21,01	13,00	10,99
Rb^+	-163,2	-196,2	121,3	-39,00	-46,89	28,99
SCN^-	-49,4	-	-	-11,81	-	-

5. Oddiy va murakkab kimyoviy moddalarning o'rtacha issiqlik sig'imi

O'rtacha issiqlik sig'imi temperatura intervali bo'yicha 298°K dan to jadvalda keltirilgan temperaturagacha berilgan.

5-jadval

/t	Modda nomi	500°	600°	700°	800°	900°	1000°	1200°	1500°	2000°
		K	K	K	K	K	K	K	K	K
O'rtacha issiqlik sig'imi, J/mol·grad										
I. Oddiy kimyoviy moddalar										
	Ag (kr.)	25,94	26,23	26,48	26,78	27,07	27,32	27,87	-	-
	Al (kr.)	25,65	26,23	26,86	27,49	28,07	-	-	-	-
	As (kr.)	25,61	26,07	26,53	26,99	27,45	27,91	-	-	-
	Au (kr.)	25,77	26,20	26,28	26,53	26,82	27,07	27,57	-	-
	B (kr.)	13,81	14,73	15,65	16,57	17,49	18,41	20,25	-	-
	Ba-α	27,78	28,46	-	-	-	-	-	-	-
	Bc (r.)	20,25	21,05	21,59	22,43	23,01	23,60	-	-	-
	Bi (kr.)	27,78	-	-	-	-	-	-	-	-
	Br ₂ (g.)	38,37	38,74	39,08	39,37	39,66	40,00	40,50	41,34	-
	C (olmos)	10,25	1,63	12,76	13,81	14,77	16,07	17,32	-	-
	C (grafit)	13,01	14,23	15,10	15,82	16,44	16,99	17,91	19,04	20,50
	Ca-α	27,78	28,45	29,16	-	-	-	-	-	-
	Cd-α	27,07	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cl (g.)	22,22	22,30	22,34	22,38	22,38	22,38	22,34	22,30	22,22
	Cl ₂ (g.)	35,44	35,77	36,02	36,23	36,40	36,53	36,78	37,07	-
	Co-α	26,48	27,32	-	-	-	-	-	-	-
	Cr	25,90	26,82	27,61	28,33	29,00	29,62	30,84	32,47	-
	Cu	25,15	25,46	25,77	26,09	26,40	26,72	27,34	-	-
	F ₂ (g.)	33,18	33,68	34,02	34,31	34,52	34,73	35,15	35,61	36,28
	Fe-α*	27,20	28,28	29,71	30,88	32,55	35,15	-	-	-
	Ge (kr.)	30,50	31,34	32,22	33,05	33,89	34,73	36,40	-	-

H ₂ (g.)	27,54	27,84	28,09	28,33	28,55	28,77	29,17	29,74	30,66
I ₂ (g.)	37,15	37,28	37,36	37,45	37,49	37,53	37,66	37,79	37,95
Mg (kr.)	26,26	26,84	27,40	27,96	28,51	-	-	-	-
Mn-α	28,45	29,33	30,17	30,96	31,76	32,51	-	-	-
Mo (kr.)	25,10	25,37	25,64	25,92	26,19	26,46	27,00	27,82	-
N ₂ (g.)	29,58	29,79	30,00	30,21	30,42	30,63	31,05	31,71	32,76
Ni-α	28,74	30,22	-	-	-	-	-	-	-
O ₂ (g.)	30,29	30,88	31,34	31,76	32,09	32,43	32,97	33,68	34,73
O ₃ (g.)	44,13	45,54	46,66	47,60	48,43	49,16	-	-	-
P (qizil)	26,34	27,16	27,97	28,79	-	-	-	-	-
P ₂ (g.)	33,85	34,31	34,69	34,94	35,19	35,40	35,69	36,07	36,59
Pb (kr.)	27,41	27,87	-	-	-	-	-	-	-
Pt (kr.)	26,26	26,54	26,82	27,10	27,38	27,66	28,22	29,06	-
S ₂ (g.)	34,18	34,64	34,98	35,23	35,48	35,65	35,94	36,32	36,78
Sb (kr.)	26,00	26,37	26,73	27,10	27,46	-	-	-	-
Si (kr.)	22,22	22,84	23,30	23,68	24,02	24,27	-	-	-
Sn (oq)	29,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr (kr.)	25,73	-	-	-	-	-	-	-	-
Te (kr.)	26,32	26,63	-	-	-	-	-	-	-
Th (kr.)	29,25	30,20	31,15	32,10	33,05	34,00	35,90	38,74	-
Ti (kr.)	26,11	26,61	27,11	27,61	28,12	28,62	-	-	-
Tl-α	27,78	-	-	-	-	-	-	-	-
U (kr.)	29,58	30,92	32,34	33,85	35,40	-	-	-	-
W (kr.)	25,28	25,44	25,62	25,78	25,95	26,07	26,40	26,87	27,66
Zn (kr.)	26,39	26,89	-	-	-	-	-	-	-
Zr-α	27,91	28,53	29,08	29,54	29,83	30,33			
II. Noorganik kimyoviy moddalar									
AgBr (kr.)	58,95	62,17	-	-	-	-	-	-	-

AgCl (kr.)	56,40	57,86	58,95	-	-	-	-	-	-
Ag ₂ O (kr.)	67,14	-	-	-	-	-	-	-	-
Ag ₂ SO ₄ (kr.)	143,30	149,20	-	-	-	-	-	-	-
AlF ₃ -a	84,10	87,47	90,53	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃ (kr.)	96,68	101,20	104,60	107,20	109,50	111,40	115,00	118,50	-
Al ₂ (SO ₄) ₃ (kr.)	315,80	331,50	343,70	353,40	361,80	369,10	-	-	-
AsCl ₃ (g.)	78,50	79,22	79,75	80,15	80,46	80,75	81,18	81,66	82,24
As ₂ O ₃ (kr.)	116,10	-	-	-	-	-	-	-	-
BCl ₃ (g.)	68,47	70,21	71,62	72,82	73,90	74,88	-	-	-
BF ₃ (g.)	57,28	59,68	61,80	63,72	65,52	67,28	-	-	-
B ₂ O ₃ (kr.)	75,26	81,20	86,95	-	-	-	-	-	-
BaCO ₃ (kr.)	98,41	102,20	105,60	108,70	111,80	114,60	-	-	-
BaCl ₂ (kr.)	76,69	77,40	78,12	78,78	79,50	80,21	81,59	-	-
Ba(NO ₃) ₂ (kr.)	174,00	183,40	192,10	200,70	-	-	-	-	-
BaO (kr.)	49,50	50,63	51,51	52,22	52,80	53,35	54,27	-	-
Ba(OH) ₂ (kr.)	107,30	111,80	-	-	-	-	-	-	-
BaSO ₄ (kr.)	117,80	121,80	124,60	126,70	128,40	129,60	131,60	-	-
BeO (kr.)	33,18	35,52	37,40	39,04	40,50	41,84	-	-	-
Bi ₂ O ₃ (kr.)	116,90	118,60	120,20	121,90	-	-	-	-	-
CO (g.)	29,74	30,00	30,23	30,47	30,69	30,92	31,35	31,99	33,05
CO ₂ (g.)	42,05	43,47	44,60	45,56	46,44	47,15	48,33	50,38	53,14
COCl ₂ (g.)	65,98	67,57	68,87	70,04	71,04	72,01	-	-	-
COS (g.)	46,02	47,40	48,41	49,33	50,17	50,88	52,22	53,93	-
CS ₂ (g.)	49,75	50,92	51,84	52,63	53,35	53,93	55,02	56,44	-
Cu ₂ (kr.)	67,57	69,16	70,42	-	-	-	-	-	-
CuCO ₃ (kaltsilt)	95,98	100,00	103,10	105,40	108,10	110,20	113,80	-	-
CuCl ₂ (kr.)	75,31	76,23	77,07	77,82	78,58	79,29	-	-	-
CuF ₂ (kr.)	73,30	74,60	75,98	77,40	78,83	80,25	-	-	-

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (kr.)	172,70	182,30	191,40	200,20	-	-	-	-	-
CaO (kr.)	46,78	47,78	48,53	49,20	49,75	50,21	51,09	52,13	-
$\text{Ca}(\text{OH})_2$ (kr.)	97,24	99,96	-	-	-	-	-	-	-
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (kr.)	262,50	264,80	274,90	284,50	293,70	302,80	320,60	-	-
CaS (kr.)	49,04	49,83	50,63	51,42	52,22	53,01	-	-	-
CaSO_4 (mg/drit)	109,60	114,60	119,00	124,40	129,40	134,30	144,20	-	-
CdCl_2 (kr.)	77,28	79,29	81,30	83,30	-	-	-	-	-
CdO (kr.)	43,85	44,27	44,73	45,19	45,61	46,02	46,90	-	-
CdS (kr.)	55,48	55,69	5,86	56,07	56,23	56,40	56,78	-	-
CdSO_4 (kr.)	108,20	112,10	115,90	119,80	123,70	127,60	135,30	-	-
Cl_2O (g.)	49,29	50,33	51,13	51,76	52,30	52,76	53,51	54,43	55,73
ClO_2 (g.)	46,11	47,32	33,00	49,16	49,92	50,58	51,76	53,35	-
CoCl_2 (kr.)	84,64	87,70	90,75	93,81	96,86	99,87	-	-	-
CoSO_4 (kr.)	142,50	144,50	146,60	-	-	-	-	-	-
CrCl (kr.)	53,64	54,07	54,56	55,04	55,52	-	-	-	-
CrI (kr.)	53,01	53,56	54,14	54,68	-	-	-	-	-
CuCl (kr.)	60,12	62,17	-	-	-	-	-	-	-
CuCl_2 (kr.)	84,55	87,06	89,57	-	-	-	-	-	-
CuO (kr.)	46,82	47,82	48,83	49,83	50,84	51,84	53,85	-	-
CuS (kr.)	48,74	49,33	49,87	50,42	50,96	51,55	52,63	-	-
CuSO_4 (kr.)	107,2	110,8	114,4	118	121,6	-	-	-	-
Cu_2O (kr.)	71,88	72,97	74,3	75,48	76,65	77,82	80,25	-	-
FeCO_3 (kr.)	93,35	99,12	104,73	110,33	-	-	-	-	-
FeO (kr.)	53,18	53,85	54,43	54,94	55,40	55,81	56,57	57,70	-
Fe_2O_3 (kr.)	118,03	123,01	127,65	132,01	136,19	140,29	-	-	-
Fe_3O_4 (kr.)	170,37	179,37	186,65	193,01	-	-	-	-	-
FeS_2 (kr.)	68,24	70,17	71,30	72,55	73,39	74,14	-	-	-
GeO_2 (kr.)	58,57	60,38	61,88	63,35	64,85	66,33	69,33	-	-

HBr (g.)	29,00	29,37	29,58	29,83	30,08	30,33	30,83	31,46	-
HCN (g.)	39,87	41,09	42,17	43,10	43,93	44,73	46,19	48,20	51,11
HCl (g.)	29,12	29,20	29,33	29,50	29,71	29,87	30,29	30,92	32,08
HF (g.)	28,87	29,00	29,16	29,29	29,46	29,62	29,87	30,33	31,01
HJ (g.)	29,33	29,50	29,71	29,96	30,21	30,46	-	-	-
H ₂ O (g.)	34,48	34,98	35,52	36,02	36,57	37,07	38,12	39,66	42,14
H ₂ S (g.)	35,52	36,32	37,07	37,82	38,62	39,41	40,92	43,22	-
HgCl ₂ (kr.)	81,76	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg ₂ Cl ₂ (kr.)	105,50	107,13	108,76	110,39	-	-	-	-	-
HgS (qizil)	51,71	52,47	53,14	53,97	-	-	-	-	-
KAl(SO ₄) ₂ (kr.)	228,07	238,74	247,53	255,10	261,92	268,19	-	-	-
KBr (kr.)	53,98	-	-	-	-	-	-	-	-
KCl (kr.)	52,23	52,69	53,77	54,69	55,66	56,62	-	-	-
KJ (kr.)	53,89	54,31	54,73	55,15	55,65	-	-	-	-
K ₂ Cr ₂ O ₇ (kr.)	247,70	253,54	-	-	-	-	-	-	-
LiCl (kr.)	51,71	51,88	53,14	53,85	-	-	-	-	-
LiNO ₃ (kr.)	98,62	-	-	-	-	-	-	-	-
LiOH (kr.)	57,66	60,42	62,89	-	-	-	-	-	-
MgCO ₃ (kr.)	89,41	94,22	98,49	-	-	-	-	-	-
MgCl ₂ (kr.)	75,81	76,99	77,91	78,83	79,50	-	-	-	-
MgO (kr.)	41,34	42,43	43,26	43,60	44,64	45,27	-	-	-
Mg(OH) ₂ (kr.)	80,17	84,31	-	-	-	-	-	-	-
MnCO ₃ (kr.)	94,47	98,62	102,13	-	-	-	-	-	-
MnCl ₂ (kr.)	76,99	78,28	79,37	80,37	81,31	-	-	-	-
MnO (kr.)	47,28	48,07	48,79	49,41	50,00	50,54	51,55	52,97	55,19
MnO ₂ (kr.)	62,63	64,98	66,78	-	-	-	-	-	-
Mn ₂ O ₃ (kr.)	108,49	111,75	114,56	117,11	119,58	121,75	-	-	-
Mn ₂ O ₄ (kr.)	156,86	160,16	163,13	165,94	168,62	171,25	176,31	-	-

MnS (kr.)	50,71	51,04	51,46	51,84	52,01	52,59	53,26	54,43	-
N ₂ (g.)	38,91	40,17	41,71	43,22	44,43	45,35	48,37	52,55	-
NO (g.)	30,54	30,79	31,04	31,30	31,51	31,71	32,13	32,76	33,72
NO ₂ (g.)	41,92	43,05	43,93	44,89	45,60	46,32	47,53	49,20	51,76
N ₂ O (g.)	43,41	44,78	45,90	46,84	47,67	48,41	49,76	51,53	54,16
N ₂ O ₄ (g.)	89,75	93,40	96,58	99,45	102,14	104,66	-	-	-
NOCl (g.)	43,30	44,46	45,40	46,20	46,91	47,55	48,71	50,26	52,57
NaAlO ₂ (kr.)	83,11	85,98	88,28	90,22	91,93	93,48	96,24	99,89	-
Na ₃ AlF ₆ (kr.)	233,70	241,18	248,28	255,15	-	-	-	-	-
NaBr (kr.)	53,18	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ CO ₃ -α	124,74	131,56	138,28	-	-	-	-	-	-
NaCl (kr.)	5,45	53,27	54,08	54,90	55,71	56,33	-	-	-
NaF (kr.)	49,06	50,03	50,95	51,84	52,72	53,58	55,28	-	-
NaI (kr.)	55	55,34	55,68	56,02	56,3	-	-	-	-
NaNO ₂ (kr.)	115,82	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O ₂ (kr.)	95,91	99,17	102,43	105,7	-	-	-	-	-
NaOH (kr.)	66,19	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ S (kr.)	110,26	113,65	117,12	120,55	123,98	127,41	-	-	-
Na ₂ SO ₄ (kr.)	153,16	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SiO ₃ (kr.)	128,18	133,21	137,38	141,00	144,25	147,27	152,80	-	-
Na ₂ Si ₂ O ₇ (kr.)	183,82	192,41	199,51	205,67	211,65	216,47	-	-	-
NiO-α	52,76	-	-	-	-	-	-	-	-
NiS (kr.)	60,07	62,75	-	-	-	-	-	-	-
NiSO ₄ (kr.)	142,49	144,56	146,62	148,73	150,81	152,89	157,04	-	-
Pb ₂ (g.)	76,00	77,04	77,84	78,47	79,00	79,45	-	-	-
Pb ₃ (g.)	119,66	121,64	123,10	124,27	125,13	125,88	127,05	128,45	-
P ₄ O ₁₀ (kr.)	250,31	272,91	-	-	-	-	-	-	-
PbBr ₂ (kr.)	81,45	81,91	-	-	-	-	-	-	-

PbCO ₃ (kr.)	99,60	105,54	111,57	117,56	-	-	-	-	-
PbCl ₂ (kr.)	80,14	81,81	83,48	-	-	-	-	-	-
PbJ ₂ (kr.)	53,16	84,14	-	-	-	-	-	-	-
PbO (kr.)	48,56	49,86	51,24	52,57	53,91	55,25	-	-	-
PbO ₂ (kr.)	66,16	67,79	69,43	71,06	72,68	74,31	-	-	-
PbS (kr.)	35,95	36,19	36,34	36,46	36,56	-	-	-	-
PbSO ₄ (kr.)	109,41	113,92	119,02	124,44	130,10	135,93	-	-	-
SO ₂ (g.)	43,80	45,03	46,11	47,07	47,96	48,80	50,37	52,57	-
SO ₂ Cl ₂ (g.)	85,45	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₃ (g.)	59,28	62,08	64,48	66,55	68,54	70,37	73,78	-	-
Sb ₂ O ₃ (kr.)	108,46	112,10	115,62	119,20	122,76	-	-	-	-
Sb ₂ S ₃ (kr.)	123,30	126,08	128,84	131,61	-	-	-	-	-
SiF ₄ (g.)	83,56	86,41	88,65	90,49	92,07	93,46	-	-	-
SiO ₂ -α (kvarns)	53,05	56,02	58,64	61,03	-	-	-	-	-
SnCl ₂ (kr.)	83,24	-	-	-	-	-	-	-	-
SnO (kr.)	45,80	46,56	47,26	48,00	48,73	49,46	50,92	-	-
SnO ₂ (kr.)	63,40	66,33	68,55	70,35	71,85	73,17	75,37	78,09	-
SnS-α	50,70	51,86	53,12	54,46	-	-	-	-	-
SrSO ₄ (kr.)	113,42	116,06	119,00	121,78	124,60	127,35	132,91	141,27	-
TeO ₂ (kr.)	69,43	70,86	72,29	73,74	75,17	76,62	-	-	-
ThO ₂ (kr.)	66,59	67,94	69,07	70,07	71,00	71,85	73,42	75,60	-
TiCl ₃ (g.)	100,28	101,43	102,27	102,77	103,44	103,84	104,49	105,19	105,94
TiO ₂ (rutil)	63,52	65,36	66,74	67,92	68,71	69,46	70,68	72,10	-
TiCl (kr.)	53,55	53,97	54,39	-	-	-	-	-	-
TiCl (g.)	36,70	36,81	36,90	36,96	37,00	37,05	37,10	37,17	37,21
UF ₆ (g.)	139,37	141,96	143,92	145,51	146,84	147,98	-	-	-
UO ₂ (kr.)	71,91	74,11	75,77	77,10	78,22	79,17	80,78	82,71	-
ZnCO ₃ (kr.)	94,01	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnO (kr.)	44,90	46,18	47,16	47,97	48,65	49,24	50,26	51,54	-

ZnS (kr.)	49,13	50,00	50,75	51,35	51,87	52,34	53,18	-	-
ZnSi (kr.)	106,14	110,48	114,84	119,20	123,54	127,91	-	-	-
ZnO (kr.)	125,43	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn (kr.)	63,18	65,14	66,64	67,86	68,89	69,79	71,33	-	-

III. Organik kumyoviy moddalar.

Uglevodorodlar

CH ₄ (g.) metan	41,27	44,10	46,87	49,56	52,16	54,66	59,31	65,27	-
C ₂ H ₆ (g.) etan	49,29	51,42	53,30	54,98	56,44	57,82	60,12	63,10	-
C ₃ H ₈ (g.) propan	53,85	58,36	62,48	66,28	69,77	72,98	78,63	85,54	-
C ₄ H ₁₀ (g.) butan	65,79	71,78	77,36	82,57	87,46	92,00	100,00	110,20	-
C ₅ H ₁₂ (g.) pentan	71,46	76,91	81,86	86,37	90,39	93,94	-	-	-
C ₆ H ₁₄ (g.) heksan	79,86	86,92	93,41	99,41	104,90	110,00	119,00	130,00	-
C ₇ H ₁₆ (g.) heptan	94,04	103,00	111,20	118,80	125,80	132,20	143,60	157,20	-
C ₈ H ₁₈ (g.) oktan	100,20	107,70	116,20	122,90	129,00	134,30	143,50	154,50	-
C ₉ H ₂₀ (g.) nonan	111,90	121,60	130,50	138,60	146,00	152,70	164,50	178,80	-
C ₁₀ H ₂₂ (g.) dekkan	101,70	111,90	121,30	130,00	137,90	145,10	-	-	-
C ₁₁ H ₂₄ (g.) undekan	108,90	118,20	126,90	134,90	142,30	149,10	161,10	175,90	-
C ₁₂ H ₂₆ (g.) dodekan	110,70	120,20	128,80	136,80	144,20	150,90	162,80	177,20	-
n-C ₁₃ H ₂₈ (g.) tridekan	124,60	136,00	146,30	155,90	164,70	172,80	187,00	204,20	-
iso-C ₁₃ H ₂₈ (g.) tridekan	123,90	135,60	146,30	156,10	165,00	173,20	187,50	204,70	-
C ₁₄ H ₃₀ (g.) tetradekan	117,90	133,10	146,80	159,40	170,80	181,10	199,10	220,60	-
n-C ₁₅ H ₃₂ (g.) pentadekan	154,40	168,20	180,90	192,60	203,20	213,00	230,20	251,10	-
C ₁₆ H ₃₄ (g.) hexadekan	154,10	168,50	181,50	193,50	204,30	214,20	231,40	252,30	-
C ₁₇ H ₃₆ (g.) heptadekan	156,30	171,20	184,50	196,70	207,70	217,60	234,90	255,50	-
C ₁₈ H ₃₈ (g.) oktadekan	110,70	122,70	133,50	143,20	151,80	159,50	172,50	187,80	-

C_6H_{12} (g.) sikloheksan	149,90	169,10	186,70	202,90	217,50	230,60	-	-
$n-C_6H_{14}$ (g.) n-geksan	184,30	200,60	215,50	229,30	241,80	253,30	273,50	298,00
$C_6H_5CH_3$ (g.) toluol	138,20	152,80	165,80	177,50	188,10	197,60	213,80	233,00
$n-C_7H_{16}$ (g.) n-septan	214,20	233,00	250,20	266,00	280,40	293,70	316,90	345,00
$o-C_6H_4(CH_3)_2$ (g.) o-ksilol	171,00	187,20	201,80	215,20	227,30	238,20	257,20	279,80
m- $C_6H_4(CH_3)_2$ (g.) m-ksilol	166,80	183,60	198,70	212,50	225,00	236,20	255,70	278,80
p- $C_6H_4(CH_3)_2$ (g.) p-ksilol	165,60	182,30	197,40	211,20	223,60	234,90	254,40	277,60
$n-C_8H_{18}$ (g.) n-oktan	243,80	265,10	284,40	302,20	318,40	333,10	358,80	389,00

Kislorod saqlovchi organik birikmalar

CH_2O (g.) chumoli aldegid	39,58	41,77	43,86	45,84	47,72	49,50	52,74	56,81
CH_2O_2 (g.) chumoli kislota	56,70	60,13	63,23	66,02	68,50	70,66	-	-
CH_3O (g.) metil spirt	52,21	56,03	59,64	63,04	66,23	69,22	-	-
C_2H_4O (g.) sirka aldegid	65,52	70,69	75,50	79,96	84,06	87,79	-	-
C_2H_4O (g.) etilen oksid	62,38	68,54	74,12	79,10	83,64	87,70	-	-
$C_2H_3O_2$ (g.) sirka kislota	80,51	86,82	92,54	97,63	102,20	106,40	113,90	121,00
C_2H_5O (g.) etil spirt	87,76	94,06	99,88	105,20	110,10	114,60	122,60	130,80
C_3H_6O (g.) aseton	92,66	99,80	106,50	112,80	118,60	124,10	133,70	144,00

Galogen saqlovchi organik birikmalar

CH_3F (g.) metil florid	43,84	47,35	50,66	53,79	56,71	59,45	64,11	70,00
CH_3Cl (g.) metil xlorid	48,47	51,29	54,42	57,35	60,11	62,77	67,21	73,00
CH_3Br (g.) metil bromid	49,75	52,96	55,98	58,81	61,47	63,94	68,14	73,00
CH_3I (g.) metil yodid	51,40	54,53	57,44	60,20	62,62	64,89	-	-
CH_2F_2 (g.) diflor-metan	50,07	54,84	58,29	61,45	64,30	66,83	-	-
CH_2Cl_2 (g.)	59,39	62,85	64,86	68,63	71,02	73,14	-	-

100 (g)	60,76	64,56	67,98	71,04	73,71	76,02	-	-	-
125 (g)	75,31	78,11	80,40	82,31	83,98	85,48	-	-	-
150 (g)	74,36	78,11	81,00	83,35	85,38	87,15	-	-	-
175 (g)	91,18	93,55	95,24	96,60	97,79	98,83	-	-	-
200 (g)	73,24	79,60	-	-	-	-	-	-	-
225 (g)	76,48	82,66	88,25	-	-	-	-	-	-
250 (g)	123,50	135,90	146,80	156,30	164,70	172,00	184,10	198,10	-
275 (g)	125,80	137,60	147,90	156,80	164,70	171,70	-	-	-
300 (g)	167,40	182,90	196,50	208,30	218,60	227,60	242,30	259,20	-

Azot saqlovchi organik birikmalar

100 (g)	57,76	60,80	63,44	65,78	67,68	70,04	-	-	-
125 (g)	62,20	66,94	71,42	75,64	79,65	83,35	90,01	98,08	-
150 (g)	87,55	93,87	99,82	105,40	110,60	115,40	123,90	133,80	-
175 (g)	87,27	94,49	102,90	109,60	115,90	121,60	131,60	143,70	-
200 (g)	117,20	128,30	138,50	147,60	155,80	163,30	176,20	191,90	-
225 (g)	105,20	116,80	127,00	136,00	143,90	151,00	162,80	176,60	-

Entropiya

Chetiy organik moddalar: $S_{298}^0 = A + B$

bu yerda, M – molekulyar massa;

A, B – har bir turdagi ni xarakterlovchi konstanta.

6. Ba'zi bog' turlari uchun A va B konstanta qiymatlari

6-jadval

Birikma turi	A		B	
	J/mol-grad	kal/mol-grad	J/mol-grad	kal/mol-grad
M ₂ O	87,45	20,9	-87,45	-20,9
MO	60,67	14,5	-70,71	-16,7
M ₂ O ₃	138,49	33,1	-227,61	-54,4
MO ₂	64,02	15,3	-68,62	-16,4
M ₂ O ₅	133,05	31,8	-209,20	-50,0
MX	62,76	15,0	-38,07	-9,1
MX ₂	136,82	32,7	-185,35	-44,1
MXO ₃	35,98	8,6	68,20	16,3
MS	69,87	16,7	-73,22	-17,5
MNO ₃	90,79	21,7	-60,67	-14,7

Eslatma. X galogen atomini anglatadi.

Gaz holdagi noorganik muddalar:

$$\lg S_{298}^{\circ} = A \lg M + \lg B$$

yoki

$$S_{298}^{\circ} = BM^A$$

bu yerda, M – molekulyar massa;

A va B – molekuladagi atomlar sonidan kelib chiquvchi konstanta.

7. Ba'zi gazlar uchun A va B konstantalar

7-jadval

Gazlar	A	B		lg B	
		J/mol-grad	kal/mol-grad	J/mol-grad	kal/mol-grad
ikki atomli	0,136	124,68	29,8	2,096	1,474
uch atomli	0,211	101,67	24,3	2,007	1,386
to'rt atomli	0,221	101,25	24,2	2,005	1,384
besh atomli	0,213	102,51	24,5	2,011	1,389
olti atomli	0,294	82,42	19,7	1,916	1,294

Nama	Kandungan									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sulopentaz	-77,4	-18,5	0,96	2,52	345,89	82,87	-101,43	-24,73	252,3	78,8
Benzol	82,8	19,8	0,96	0,23	325,64	77,83	-113,64	-27,16	269,8	64,3
Naftalin	151,9	36,3	13,18	3,15	457,73	109,4	-145,56	-34,79	336,4	80,4
Metilamin	-28,0	-6,7	16,82	4,02	128,53	30,72	-36,40	-8,70	241,4	57,7
Dimetilamin	-27,6	-6,6	16,40	3,92	202,13	48,31	-58,95	-14,09	273,2	65,3
Ucneetilamin	-45,6	-10,9	16,44	3,93	275,52	65,85	-81,50	-19,48	288,7	69,0
Dimetilefr	-185,4	-44,3	26,86	6,42	165,85	39,64	-47,91	-11,45	266,5	63,7
Formamid	-207,1	-49,5	27,24	6,51	105,35	25,18	-31,25	-7,47	248,9	59,5

2 - BOB. KIMYOVIY MUVOZANAT

2.1. MUVOZANAT KONSTANTASI VA UNI IFODALASH USULLARI

Muvozanat konstantasi. Qaytar reaksiyalarda bir xil sharoitda reaksiya bir vaqtning o'zida ikki tomonga boradi va muvozanat qaror topganda dastlabki moddalarning bir qismi o'zgarimasdan qoladi. Muvozanat qaror topgandagi konsentratsiya (*parzial bosim*)lar muvozanat konsentratsiya (*akku parzial bosim*)lari deyiladi. Reaksiya unumini muvozanat konstantasi (K) qiymati ko'rsatadi. Agar muvozanat konstantasi ma'lum bo'lsa, muvozanat holatidagi sistema tarkibini va aksincha, muvozanat holatidagi tarkibdan muvozanat konstantasini aniqlash mumkin.

Muvozanat konstantasi ideal sistemalar (*o'ta suyultirilgan eritmalar va o'ta kichik bosimdagi aralashmalar*) uchun konsentratsiya va bosim orqali, real sistemalar uchun termodinamik aktivlik va uchuvchanlik orqali ifodalanadi. Muvozanat konstantasi ifodasida kasr maxrajida mahsulotlar va suratda dastlabki moddalarga mansub kattaliklar bo'adi. Masalan:



Reaksiya uchun:

$$K_c = \frac{C_c^c \cdot C_d^d}{C_a^a \cdot C_b^b} \quad (2.2)$$

C_A, C_B, C_C, C_D - muvozanat molyar konsentratsiyalaridir.

Muvozanat konstantasi molyar qism (N) orqali ham ifoda qilinadi:

$$K_N = \frac{N_c^c \cdot N_d^d}{N_a^a \cdot N_b^b} \quad (2.3)$$

N_A, N_B, N_C, N_D - A, B, C, D moddalarning (muvozanatdagi) aralashmadagi molyar qismlari.

i - komponentning molyar qismi (N_i) quyidagicha aniqlanadi:

$$N_i = \frac{n_i}{\sum n_j} \quad (2.4)$$

— mol soni.

(2.5) amodalimlari uchun muvozanat parsial bosimlari orqali ifodalanadi :

$$K_p = \frac{P_D^d P_G^g}{P_A^a P_B^b} \quad (2.5)$$

P_i — i ning parsial bosimini Dalton qonuni yordamida mol sonidan (n_i) foydalanib hisoblash mumkin :

$$\frac{n_i}{\sum n_i} = \frac{P_i}{\sum P_i} \quad (2.6)$$

$$P_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \sum P_i = \frac{n_i}{\sum n_i} P, \quad (2.7)$$

— i ning moddalarning mollar soni yig'indisi, $P = \sum P_i$ — umumiy bosim.

U ifodalar o'rtasida quyidagicha bog'lanishlar bor:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = K_N P^{\Delta n} \quad (2.8)$$

$$\Delta n = (d + g) - (a + b)$$

Agar $\Delta n = 0$ bo'lsa,

$$K_p = K_c = K_N$$

Real sistemalarda muvozanat konstantasi moddalarning bir-biriga ta'siri (tortilishi)ni e'tiborga olgan konsentratsiya va bosim ifodasi bo'lgan termodinamik aktivlik (a) va uchuvchanlik (f) orqali ifodalanadi:

$$a = \gamma C; \quad f = \gamma P \quad (2.9)$$

γ — termodinamik koeffitsiyenti bo'lib, moddalarning bir-biriga tortilishini tavsiflovchi kattalikdir.

$$K_a = \frac{a_D^d a_G^g}{a_A^a a_B^b} \quad (2.10)$$

$$K_f = \frac{P_D^d P_G^g}{P_A^a P_B^b} \quad (2.11)$$

$$K_p = \frac{P_D^d P_G^g}{P_A^a P_B^b} \cdot \frac{\gamma_D^d \gamma_G^g}{\gamma_A^a \gamma_B^b} = K_f \cdot K_\gamma, \quad (2.12)$$

hunda :

$$K_p = \frac{\gamma_a^d \gamma_b^e}{\gamma_a^a \gamma_b^b} \quad (2.13)$$

Uchuvchanlik (yoki aktivlik) ko'effitsiyenti qiymati keltirilgan harorat (t) va keltirilgan bosimda ma'lumotnomalarda berilgan:

$$T = \frac{T}{T_K}; P = \frac{P}{P_K} \quad (2.14)$$

bunda: T , P - mutlaq harorat va bosim; T_K ; P_K - kritik harorat va kritik bosim.

γ - qiymati turli gazlarning bir xil keltirilgan harorat va bosimda taxminan bir xil qiymatda bo'ladi. t , p va γ ning qiymati ma'lumotnomalarda berilgan.

Geterogen sistemalarda faqat gazzimon moddalarninggina parsial bosimlari e'tiborga olinib, suyuq va qattiq holatdagi moddalarning bosimi ularning miqdoriga bog'liq bo'lmaganligidan, muvozanat konstantasi ifodasida ularning kattaliklari e'tiborga olinmaydi. Masalan,



$$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}} \quad (2.15)$$

bo'ladi.

Muvozanat konstantasining qiymati reaksiya uchun dastlab olingan moddalarning konsentratsiyasi (yoki bosimi) ga bog'liq bo'lmasdan, faqat haroratga bog'liq.

2.2. KIMYOVIY REAKSIYALARNING IZOXORA VA IZOBARA TENGLAMALARI

Ideal gazlar o'rtasida yoki ideal eritmada borayotgan



reaksiya uchun reaksiya izotermasi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta F = 2.3RT \left[\lg \frac{C_D^d C_G^g}{C_A^a C_B^b} - \lg K_p \right] \quad (2.16)$$

$$\Delta G = 2.3RT \left[\lg \frac{P_D^d P_B^b}{P_A^a P_C^c} - \lg K_p \right] \quad (2.17)$$

2. p-olingan dastlabki va hosil bo'lgan moddalarning molyarkonsentrasiyasi va partial bosim.

ΔF , ΔG qiymatlariga qarab ma'lum reaksiyaning borish-burmasligini aniqlash mumkin. Agar $\Delta F < 0$, $\Delta G < 0$ bo'lsa, reaksiya to'g'ri tomonga (*chapdan o'ngga*) o'tishga intiladi. Agar $\Delta F > 0$, $\Delta G > 0$ bo'lsa, reaksiya to'g'ri tomonga o'tishga intilmaydi. Agar $\Delta F = 0$, $\Delta G = 0$ bo'lsa, sistema muvozanat holatda bo'ladi.

III. KIMYONING MUVOZANAT KONSTANTASIGA HARORATNING TA'SIRI

Reaksiya muvozanat konstantasi qiymatining harorat bilan o'zgarishi (*ta'siri*) termodinamik va izobarik tenglamalarda ifodalangan:

$$\frac{d \ln K_c}{dT} = \frac{\Delta U^\circ}{RT^2} \quad ; \quad \Delta U = \frac{RT^2 d \ln K_c}{dT} \quad (2.18)$$

$$\frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad ; \quad \Delta H = \frac{RT^2 d \ln K_p}{dT}$$

Agar bu tenglamalar integrallansa (*hunda issiqlik effekti harorat bilan o'zgarmas* deb faraz qilinsa va bu faraz faqat haroratning kichik farqida mumkin), quyidagi holat qilinadi:

$$\frac{d \ln K_c}{dT} = \frac{\Delta U^\circ}{RT^2} = \frac{d \ln K_c}{dT} = \frac{\Delta U}{RT^2} \quad (2.19)$$

144. harorat T_1 va T_2 da:

$$\lg \frac{K_{c1}}{K_{c2}} = -\frac{\Delta U}{2.3R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right) \quad (2.20)$$

$$\lg \frac{K_{p1}}{K_{p2}} = -\frac{\Delta H}{2.3R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right) \quad (2.21)$$

Aniq hisoblarda issiqlik effektining haroratga bogliqligini e'tiborga olish kerak. Bu boglanish Kirxgof tenglamasida berilgan.

Kimyoviy reaksiyaning issiqlik effektini va muvozanat holatdagi tarkibini izoxoralar tenglamasidan foydalanib aniqlash mumkin:

$$\Delta H = \frac{RT^2 \ln K_p}{dT} \quad (2.22)$$

Muvozanat konstantasining haroratga bog'liq ravishda o'zgarishi ma'lum bo'lsa, reaksiyaning issiqlik effektini aniqlash mumkin.

MUVOZANAT KONSTANTASI QIYMATINI NAZARIY ANIQLASH

Muvozanat konstantasi qiymatini standard izotermik potentsiallardan (F°, G°) izoterma tenglamasidan foydalanib ham aniqlash mumkin.

Agar ideal gazlar orasida borayotgan reaksiyada parsial bosim 1 atm ga teng deb faraz qilinsa, yu'ni:

$P_A = P_B = P_D = P_G = 1 \text{ atm}$ yoki $C_A = C_B = C_D = C_G = 1 \text{ kmol/m}^3 (\text{m/l})$ bo'lsa, izoterma (2.16) van (2.17) tenglamalaridan .

$$\Delta F = -2.3RT \lg K_c ; \quad \Delta G = -2.3RT \lg K_p \quad (2.23)$$

$$\Delta F_a = -2.3RT \lg K_a ; \quad \Delta G_b = -2.3RT \lg K_p \quad (2.24)$$

Bu tenglamalardan :

$$\lg K_c = -\frac{\Delta F}{2.3RT} ; \quad \lg K_p = -\frac{\Delta G}{2.3RT} \quad (2.25)$$

$$\lg K_{p,T} = -\frac{\Delta H_T}{2.3RT} + \frac{\Delta S_T}{2.3R} \quad (2.26)$$

$$\Delta H_T = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta C_p dT \quad (2.27)$$

$$\Delta S_T = \Delta S_{298}^0 + \int_{298}^T \frac{\Delta C_p dT}{T} \quad (2.28)$$

Bu tenglamada :

$$\Delta C_p = (\sum \Delta C_p)_m - (\sum \Delta C_p)_d,$$

$$\Delta H_{298}^0 = (\sum \Delta H_{298}^0)_m - (\sum \Delta H_{298}^0)_d,$$

$$\Delta S_{298}^0 = (\sum \Delta S_{298}^0)_m - (\sum \Delta S_{298}^0)_d.$$

ΔH_{298}^0 – moddalar: m – mahsulot; d – dastlabki moddalar. Bu tenglamalardan :

$$\Delta G_T = \Delta H_{298}^0 - \int_{298}^T \Delta C_p dT - T \int_{298}^T \frac{\Delta C_p dT}{T}$$

va

$$\lg K_{p,T} = -\frac{\Delta H_{298}^0}{nRT} + \frac{\Delta S_{298}^0}{2.3R} - \frac{1}{2.3RT} \int_{298}^T \Delta C_p dT + \frac{1}{2.3R} \int_{298}^T \frac{\Delta C_p}{T} dT \quad (2.29)$$

Tabiiyiy hisoblarda $\Delta C_p = 0$ teng deb faraz qilinsa:

$$\lg K_p = -\frac{\Delta H_{298}^0}{2.3RT} + \frac{\Delta S_{298}^0}{2.3R}$$

Agar $C_p = f(T)$, ya'ni C_p lar turg'un deb faraz qilinsa:

$$\lg K_p = -\frac{\Delta H_{298}^0}{2.3RT} + \frac{\Delta S_{298}^0}{2.3R} - \frac{\Delta C_p}{2.3RT} \left[(T - 298) - T \lg \frac{T}{298} \right] \quad (2.30)$$

Agar aniq hisoblash kerak bo'lsa, tenglamada C_p laming haroratga bog'lanishi hisobga olinadi.

(2.26) tenglamani temkin-Shvarsman usuli bilan yechish mumkin (2.27) tenglamani quyidagicha yozamiz:

$$\lg K_p = -\frac{\Delta H_{T_{298}}^0}{2.3RT} + \frac{\Delta S_{T_{298}}^0}{2.3R}, \quad (2.31)$$

bunda

$$J = \frac{1}{T} \int_{298}^T \Delta C_p dT + \int_{298}^T \frac{\Delta C_p dT}{T} \quad (2.32)$$

C_p ning haroratga bog'lanishi (2.26) tenglamaga qo'yilsa

$$J = \Delta a M_0 + \Delta b M + \Delta c M_2 + \Delta c M_{-2} \quad (2.33)$$

$M_2; M_{-2}; M_0; M$; lar haroratga bog'liq funksiya bo'lib, ularning qiymatlari ma'lumotnomada berilgan.

a, b, c , lar $C_p = f(T)$ dagi turg'un koeffitsiyentlar.

Statistik usul. Statistik termodinamika usuli bilan turli termodinamik funksiyalarning mutlaq qiymatini hisoblab aniqlash mumkin, demak, bu funktsiyalar mutlaq muvozanat konstantasi qiymatini aniqlash mumkin. Muvozanat konstantasi termodinamik funksiya bilan quyidagicha bog'langandir:

$$R \ln K_p = \left[\Delta \left(\frac{G^0 - H^0}{T} + \gamma H^0 \right) \right]$$

ΔH^0 - 1 mol gazning mutlaq noldagi entalpiya o'zgarishi.

$\frac{G^0 - H^0}{T}$ - keltirilgan izobar potensial. $G^0 - H^0$ va ΔH^0 - turli moddalar uchun ma'lumotlardan berilgan.

**TERMODINAMIK JARAYONLAR KIMYOVIY MUVOZANATINI AMALIY
HISOBBLASH BO'YICHA MISOL VA MASHQLAR**

1. 444°C haroratda $N_2 + J_2 = 2HJ$ reaksiya uchun muvozanat konstantasi $K_p = K_r = 50$.
Moddalarining quyida berilgan boshlang'ich konsentratsiyalari asosida shu haroratda
reaksiyaning yo'nalishi topilsin:



$$T = 444^\circ C$$

$$T = 717 K \quad K = \frac{[HJ]^2}{[H_2][J_2]}$$

Boshlang'ich konsentratsiyalar:

- | | | |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| a) $[H_2] = 2 \text{ mol/l}$ | b) $[H_2] = 1,5 \text{ mol/l}$ | v) $[H_2] = 1 \text{ mol/l}$ |
| $[J_2] = 5 \text{ mol/l}$ | $[J_2] = 0,25 \text{ mol/l}$ | $[J_2] = 2 \text{ mol/l}$ |
| $[HJ] = 10 \text{ mol/l}$ | $[HJ] = 5 \text{ mol/l}$ | $[HJ] = 10 \text{ mol/l}$ |

a) $A_{max} = -\Delta F = RT \ln K_c - RT \sum \ln C = 8,31 \cdot 717 \left(\ln 50 - \ln \frac{10^2}{2 \times 5} \right) - 8,31 \cdot 717 \cdot 2,303 \lg \frac{50}{10} = 9,536 kJ$
 $A_{max} = 9,536 kJ > 0$ bo'lsa, reaksiya to'g'ri yo'nalishda boradi.

b) $A_{max} = -\Delta G = RT \ln K_c - RT \sum \ln C = 8,31 \cdot 717 \cdot 2,303 \left(\lg 50 - \lg \frac{5^2}{1,5 \cdot 0,25} \right) = -1711,256 J = -1,71 kJ$
 $A_{max} = -1,71 kJ < 0$ bo'lsa, reaksiya teskari yo'nalishda ketadi.

d) $A_{max} = 8,31 \cdot 717 \cdot 2,303 \left(\lg 50 - \lg \frac{10^2}{1 \cdot 2} \right) = 0$. reaksiya muvozanat holatida bo'ladi.

Shunday qilib, izotermik tenglama, reaksiyaning kerakli yo'nalishda, hohlagan darajada olib borish uchun sharoit qanday bo'lishi va moddalar qaysi nisbatda olinishini aniqlashga imkon beradi. Buning katta amaliy ahamiyati bor.

2. $2CO \rightleftharpoons 2CO + O_2$ reaksiyaning 1973K dagi umumiy bosimi $1,0133 \cdot 10^5 Pa$.
Reaksiyon aralashmaning muvozanat vaqtidagi hajmiy tarkibi 86,71% CO_2 , 8,86%
 CO va 4,43% O_2 . Reaksiyaning K_c va K_r larini hisoblang.

Yechish: berilgan reaksiya uchun $K_r = \frac{P_{CO}^2 \cdot P_{O_2}}{P_{CO_2}^2}$

Ushbu modda uchun portsiyal bosimlarni hisoblaymiz:

$$P_{O_2} = P_{\text{um}} \cdot 0,8671 = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,8671 = 0,8786 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{CO} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,0866 = 0,0898 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{O_2} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,0443 = 0,0449 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

K_p ning qiymatini hisoblaymiz:

$$K_p = \frac{(0,0898 \cdot 10^5)^2 \cdot 0,0449 \cdot 10^5}{(0,8796 \cdot 10^5)^2} = 46,89 \text{ Pa}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \quad K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

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

$$K_c = \frac{K_p}{RT^{\Delta n}} = \frac{46,89}{8,31 \cdot 1973} = 2,86 \cdot 10^{-2}$$

3. 2 mol HCl 0,96 mol O₂ bilan aralashtirilganda 0,42 mol Cl₂ hosil bo'ladi.
 $4HCl + O_2 \leftrightarrow 2H_2O + 2Cl_2$ Sistemaning umumiy bosimi 1,0133 · 10⁵ Pa. 659K dagi muvozanat konstantasini aniqlang.

Yechish: Ushbu reaksiya uchun $K_p = \frac{P_{H_2O}^2 \cdot P_{Cl_2}^2}{P_{HCl}^4 \cdot P_{O_2}}$ Reaksiya tenglamasiga binoan

0,42 mol Cl₂ hosil bo'lishi uchun 0,84 mol HCl va 0,21 mol O₂ sarf bo'ladi.
 Muvozanat vaqtda xlorning miqdori suv miqdoriga teng.

$$n_{Cl_2} = n_{H_2O} = 0,42 \text{ mol}$$

$$n_{HCl} = 2 - 0,84 = 1,16 \text{ mol}$$

$$n_{O_2} = 0,96 - 0,21 = 0,75 \text{ mol}$$

Umumiy mollar soni 0,42+0,42+1,16+0,75=2,75 mol. Komponentlarning

portsiyal bosimlarini $P = P^{\circ} \cdot N$ bo'yicha hisoblaymiz.

$$P_{H_2O} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,42}{2,75} = 1,55 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{O}_2} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,42}{2,75} = 1,55 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{H}_2} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot \frac{1,16}{2,75} = 4,27 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{O}_2} = 1,0133 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,15}{2,75} = 0,55 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$K_p = \frac{(1,55 \cdot 10^4)^2 \cdot (1,55 \cdot 10^4)^2}{(4,27 \cdot 10^4)^2 \cdot 0,55 \cdot 10^4} = 2,68 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$$

4. Yopiq idishda vodorod va yodni 386°C da qizdirilsa quyidagi reaksiya sodir bo'ladi. $\text{H}_2 + \text{J}_2 \leftrightarrow 2\text{HJ}$

Muvozanat vaqtida aralashmada 5,38 mol vodorod yodid, 0,14 mol yod va 4,12 mol vodorod bor. Reaksiyaning muvoznat konstantasi va vodorod ionlarining dastlabki konsentratsiyalarini hisoblang.

Yechish: Muvozanat konstantasi $K_c = \frac{C_{\text{HJ}}^2}{C_{\text{H}_2} \cdot C_{\text{J}_2}}$

$$K_c = \frac{(5,38)^2}{0,14 \cdot 4,12} = 50,18$$

Tenglamaga ko'ra 2 mol HJ hosil bo'lishi uchun 1 mol H₂ va 1 mol J₂ sarf bo'ladi. Muvoznat yuzaga kelganda 5,380 mol HJ hosil bo'ladi. Buning uchun $\frac{5,38}{2} = 2,69$ mol H₂ va J₂ sarf bo'lgan. Ularning dastlabki konsentratsiyalari:

$$C_{\text{J}_2} = 2,69 + 0,14 = 2,83 \text{ mol}$$

$$C_{\text{H}_2} = 2,69 + 4,12 = 6,81 \text{ mol}$$

5. $\text{H}_2 + \text{J}_2 \leftrightarrow 2\text{HJ}$ reaksiyaning tezlik konstantasi 50 ga teng. J₂ va H₂ larning dastlabki konsentratsiyalari 0,6 va 0,8 mol/l bo'lsa, ularning muvoznat konsentratsiyalarini hisoblang.

Yechish: Tenglama bo'yicha 1 mol H₂ va J₂ dan 2 mol HJ hosil bo'ladi.

$$C_{\text{H}_2} = C_{\text{J}_2} = X \text{ mol/l}$$

$$C_{\text{HJ}} = 2X \text{ mol/l}$$

Muvozanat konsentratsiyalari

$$C_{J_2} = (0,6 - X) \text{ mol/l}$$

$$C_{H_2} = (0,8 - X) \text{ mol/l}$$

$$C_{H_2O} = 2X \text{ mol/l}$$

$$K_c = \frac{C_{H_2O}^2}{C_{H_2} \cdot C_{J_2}} \text{ ligidan}$$

$$50 = \frac{(2X)^2}{(0,6 - X)(0,8 - X)} = \frac{4X^2}{X^2 - 1,40X + 0,48}$$

$$50X^2 - 70X + 24 = 4X^2$$

$$46X^2 - 70X + 24 = 0$$

$$X_{1,2} = \frac{70 \pm \sqrt{70^2 - 4 \cdot 46 \cdot 24}}{2 \cdot 46} = \frac{70 \pm \sqrt{4900 - 4416}}{92} = \frac{70 \pm 22}{92}$$

$$X_1 = 1$$

$$X_2 = 0,52$$

$X = 1$ bo'lishi mumkin emas, u 0,6 moldan kam bo'lishi kerak. Demak, $X = 0,52$. Hundan muvozanat konsentratsiyalari:

$$C_{J_2} = 0,6 - 0,52 = 0,08 \text{ mol/l}$$

$$C_{H_2} = 0,8 - 0,52 = 0,28 \text{ mol/l}$$

$$C_{H_2O} = 2 \cdot 0,52 = 1,04 \text{ mol/l}$$

6. Quyidagi reaksiyaning



1080 K dagi muvozanat konstantasi $K_c = 1$ ga teng. Reaksiya uchun dastlab 2 mol CO va 3 mol H_2O olingan, hamma moddalar gaz holida. Muvozanat holati tarkibini – moddalarning muvozanat konsentratsiyalarini mol foiz hisobida aniqlang.

Yechish: Muvozanat qaror topganda x mol CO_2 hozil bo'lganda deb faraz qilinsa, H_2 ning miqdori ham x mol ga teng. Demak, dastlabki moddalarning muvozanatidagi mol soni $n_{\text{CO}} = 2 - x$ va $n_{\text{H}_2\text{O}} = 3 - x$ ga teng. Bu qiymatlar muvozanat ifodasiga (IV.2) qo'yilsa:

$$K = \frac{n_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{H}_2}}{n_{\text{CO}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{x^2}{(2-x)(3-x)}$$

bu tenglamadan x aniqlanadi; $x = 1.2 \sum \nu_i = 5$ ga teng van muvozanat holari tarkibi mol foiz hisobda quyidagicha bo'ladi:

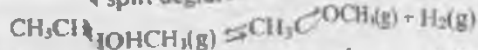
$$C_{O_2} = \frac{1.2 \cdot 100}{5} = 24\%$$

$$H_2 = \frac{1.2 \cdot 100}{5} = 24\%$$

$$C_{CO} = \frac{(2 - 1.2) \cdot 100}{5} = 16\%$$

$$H_{H_2O} = \frac{(3 - 1.2) \cdot 100}{5} = 36\%$$

7. Gaz fazasida izopropil spirt degidratlanish (vodorodsizlantish) reaksiya-sining

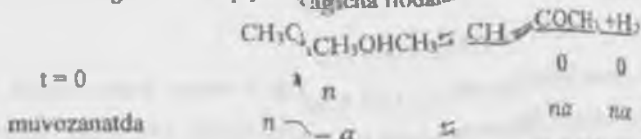


200°C harorat va $9.7 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ bosimda muvozanat konstantasi $K_p = 6.92 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ ga teng. 200°C izopropil spirtning dissotsilanish konstantasi a ni aniqlang. Gaz aralashmasini ideal gazlarqonuniga bo'ysunadi. Deb faraz qiling.

Yechish: (2.4) tenglamaga muvofiq:

$$K_p = \frac{P_{CO} \cdot P_{H_2}}{P_{spirt}}$$

Muvozanat konstantasi ifodasini orqali ifodalash kerak. Agar izopropil spirtning dastlab olingan miqdori n mol bo'lsa, muvozanat qaror topganda moddalarning mol soni quyidagicha ifodalanadi:



$$\sum n_i = (n - \alpha) + n\alpha + n\alpha = n(1 - \alpha)$$

Demak, Dalton qonuniga muvofiq i-moddaning partial bosimi

P_i :

$$P_i = \frac{n_i}{\sum n} P$$

P - umumiy bosim:

$$P_{\text{spirit}} = \frac{n(1-\alpha)}{n(1+\alpha)} P = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$$

$$P_{\text{as}} = H_2 = \frac{n\alpha}{n(1-\alpha)} P = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} P$$

Agar bu qiymatlar K_p tenglamasiga qo'yilsa,

$$K_p = \frac{P_{\text{asot}} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{spirit}}} = \frac{\alpha^2 P}{1-\alpha^2}$$

va bu tenglamadan

$$\alpha^2 = \frac{1}{1 + \frac{P}{K_p}} = \frac{1}{1 + \frac{9,7 \cdot 10^4}{6,92 \cdot 10^4}} = 0,415; \quad \alpha = 0,645.$$

$\text{H}_2 + \text{J}_2 \rightleftharpoons 2\text{HJ}$ reaksiyasining 693 K da $K_p = 50,25$ ga teng. Reaksiya uchun $0,846 \cdot 10^{-3} \text{ kg J}_2$ va $0,0212 \cdot 10^{-3} \text{ kg H}_2$ olib, hajmi 10^{-3} m^3 bolgan idishga muvozanatlashirilgan. Hosil bo'lgan HJ ning miqdorini aniqlang.

Yechish. (2.1) tenglamaga muvofiq:

$$K_p = \frac{C_{\text{HJ}}^2}{C_{\text{H}_2} C_{\text{J}_2}}$$

Demak, avval dastlab olingan moddalarning konsentratsiyasini, so'ngra muvozanat konsentratsiyalarini aniqlash kerak. $n = \frac{g}{M}$ bo'lganligidan:

$$n_{\text{H}_2} = \frac{g_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} = \frac{0,0212 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{2} = 0,0106 \text{ mol H}_2$$

$$n_{\text{J}_2} = \frac{g_{\text{J}_2}}{M_{\text{J}_2}} = \frac{0,846 \cdot 10^{-3}}{254} \cdot 10^{-3} = 0,00333 \text{ mol J}_2$$

«kg» dan «g» ga o'tish uchun 10^3 ga ko'paytiriladi. Agar hosil bo'lgan HJ ning miqdorini x deb, 1 mol H_2 va J_2 dan 2 mol HJ hosil bo'lishi e'tiborga olinsa:



reaksiya boshida $10,6 \cdot 10^{-3}$ $3,33 \cdot 10^{-3}$

muvozanat holatida $10,6 \cdot 10^{-3} - x$ $3,33 \cdot 10^{-3} - 2x$ bo'ladi.

Bu qiymatlar yuqoridagi (2.1) tenglamaga qo'yilsa:

$$K_C = \frac{C_{HJ}^2}{C_{N_2} C_{J_2}} = \frac{\left(\frac{n_{HJ}}{v}\right)^2}{(n_{N_2}/v)(n_{J_2}/v)} = \frac{(4x^2/10^{-3})^2}{\frac{(10.6 \cdot 10^{-3} - x)(3.33 \cdot 10^{-3} x)}{10^{-3}}} = 50.25$$

Agar bu tenglama yechilsa :

$$46.26x^2 - 0.7015x + 1.4737 \cdot 10^{-3} = 0$$

va

$$x = \frac{0.7015 + \sqrt{0.7025^2 - 4 \cdot 1.7730 \cdot 10^{-3} \cdot 46.25}}{2 \cdot 46.25} = \frac{0.7015 \pm 0.4049}{92.50} \text{ bo'ladi.}$$

Bundan $x_1 = 11.961$; $x_2 = 3,206 \cdot 10^{-3}$ ga teng ekanligini ko'rish mumkin. Hosil bo'lgan HJ miqdori (n_{HJ}) dastlab olingan H_2 va J_2 (n_{H_2} ; n_{J_2}) miqdoridan katta bo'lishi mumkin emas. Shunga ko'ra, x , bo'lishi mumkin emas. Demak, HJ miqdorida $x_2 = 3,206 \cdot 10^{-3}$ mol. Muvozanat holatda HJ ning gramm miqdori:

$$g_{HJ} = 2xM = 2 \cdot 3,206 \cdot 10^{-3}$$

9. $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ reaksiyada $63^\circ C$ da $K_p = 1,27$ ga teng. Umumiy bosim a) 1 atm va b) 10 atm bo'lganda muvozanat holatdagi tarkibini aniqlang.

Yechish. (2.5) tenglamaga muvofiq:

$$K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}}$$

parsial bosimlar aniqlanadi, Bosim 1 atm bo'lganda:

$$P_{N_2O_4} + P_{NO_2} = 1$$

va

$$P_{N_2O_4} = 1 - P_{NO_2}$$

Demak,

$$K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{1 - P_{NO_2}} = 1.27$$

Bundan :

$$K_p - K_p P_{NO_2} = P_{NO_2}^2$$

Bu tenglamaga $K_p = 1,27$ qiymatini qo'yib, P_{NO_2} ga nisbatan yechilsa:

$$P_{\text{NO}_2} = 0.6586 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = 1 - 0.658 = 0.342 \text{ atm.}$$

Ushbu tenglamalarning parsial bosimlar qonuniga muvofiq:

$$\sum \frac{n_i}{n_t} = \frac{P_i}{\sum P_i} = N_i$$

Parsial bosimlar moddalarning molar qismiga proporsional. Tarkibni molar qism bilan ifodalash uchun olingan qiymatlarni 100 ga ko'paytirish kerak. Demak, muvozanatdagi aralashma 65,86 % NO_2 va 34,14% N_2O_4 dan iborat.

Kioldi shunday 10 atm uchun:

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

Bu tenglamaga K_p ning qiymati — 1,27 qo'yilsa va tenglama yuqoridagi kabi yechilsa, $P_{\text{NO}_2} = 2,986 \text{ atm}$; $P_{\text{N}_2\text{O}_4} = 7,02 \text{ atm}$. Demak, aralashmada 29,8 % NO_2 va 70,2 % N_2O_4 bor.

10. 390° C va $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda $0,0157 \text{ NO}_2$ $0,001 - 10^3 \text{ m}^3$ hajmni egallagan. U quyidagi reaksiya bo'yicha qisman NO va O_2 ga dissotsilanadi:



Reaksiya uchun K_p va K_c ni aniqlang. Gazlar ideal gazlar qonuniga ho'ysunadi, deb faraz qilish mumkin.

Y e ch i sh. (2.5) tenglamaga muvofiq:

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{NO}}^2 P_{\text{O}_2}}$$

Bu tenglamadan K_p ni topish uchun barcha moddalarning muvozanat parsial bosimlarini aniqlash kerak. Buning uchun muvozanat holatdagi tarkibini, ya'ni moddalarni qancha mol dan iboratligini bilish kerak bo'ladi. So'ngra Daltonning parsial bosim qonunidan foydalanib, parsial bosimlarni aniqlash mumkin:

$$\frac{n_i}{\sum n_i} = \frac{P_i}{\sum P_i}; \quad P_i = \frac{n_i}{\sum n_i} P; \quad \sum P_i = P - \text{umumiybosim.}$$

$n_i, \sum n_i$ larni bilish uchun, o'z navbatida modda qanday darajada dissotsilanganini bilish kerak. Masalan, 1 mol NO_2 to'liq dissotsilanganda reaksiyaga

muvofiq 1 mol NO va 0,5 mol O₂ hosil bo'ladi. Agar 1 mol NO₂ ning yarmi dissotsilansa, 0,5 mol NO va 0,25 mol O₂ hosil bo'ladi, dissotsilanmagan NO₂ ning miqdori 1—0,5 mol bo'ladi. Moddaning dissotsilangan qismining umumiy miqdoriga nisbati α - dissotsilanish darajasi deyiladi. Demak, NO₂ning miqdori n mol, α - dissotsilanish darajasi:

	NO	O ₂	NO ₂
dissotsilanishdan oldin	0	0	1
dissotsilanishdan so'ng	$n\alpha$	$0.5 n\alpha$	$n - n\alpha = n(1 - \alpha)$

Shunday qilib, dastlabki moddaning mol miqdori va α ma'lum bo'lsa, muvozanadagi tarkibni aniqlash mumkin. α izotonik koeffitsiyent (i) deb atalgan katalik orqali aniqlanadi. Agar gaz dissotsilansa, $PV = i nRT$ bo'ladi. i dissotsilanganidan so'ngaralashmadagi mol soni dastlabkisiga nisbatan necha marotaba ko'payganini ko'rsatadi. Agar 1 mol molekula dissotsilanganda n_1 mol yangi modda hosil bo'lsa:

$$\alpha = \frac{i - 1}{V - 1}$$

$PV = i nRT$, bundan P :

$$i = \frac{PV}{nRT} = \frac{1.013 \cdot 10^5 \cdot 0.001}{0.0857 \cdot 8.314 \cdot 663} = 1.17$$



Demak, $V = 1.5$

$$\alpha = \frac{1.17 - 1}{1.5 - 1} = 0.34$$

Dastlabki molar soni

Muvozanal holatida

2NO	+	O ₂	\rightleftharpoons	2NO ₂
0		0		n
$n\alpha$		$\frac{n\alpha}{2}$		$n - n\alpha = n(1 - \alpha)$

$$\text{va } \sum n_i = n\alpha + \frac{n\alpha}{2} + n(1 - \alpha)$$

Demak,

$$\frac{n_1}{\sum n_i} = \frac{P_1}{P} ; \quad P_2 = \frac{n_2}{\sum n_i} \cdot P ;$$

$$P_{NO_2} = \frac{2(1-\alpha)}{\alpha+2} P; \quad P_{O_2} = \frac{\alpha}{2+\alpha} P; \quad P_{NO} = \frac{2\alpha}{2+\alpha} P.$$

« b » bu qiyimatlar muvozanat konstantasi (K_p) tenglamasiga qo'yilsa :

$$K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{NO}^2} = \frac{(1-\alpha)^2(2+\alpha)}{\alpha^2 P} = \frac{(1-0.34)^2(2+0.34)}{0.34^2 \cdot 1.043 \cdot 10^5} = 25.60 \cdot 10^{-5} (N/m^2)^{-1}$$

Bu ni aniqlaymiz :

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}, \quad \Delta n = 2 - (2 + 1) = -1$$

$$K_p = K_c RT^{-1} = \frac{K_c}{RT}; \quad K_c = K_p \cdot RT$$

»

$$K_c = K_p \cdot RT = 25.60 \cdot 10^{-5} \cdot 8.314 \cdot 390 = 1.41 \text{ m}^3/\text{mol}$$

11. 600 K haroratda



Reaksiyada $K_{p,1} = 2.78 \cdot 10^{-9} (N/m^2)^{-1}$ ga teng.

600 K da



Reaksiyada $K_p = 6.5 \cdot 10^{-6} (N/m^2)^{-1}$ ga teng

600 K



Reaksiyaning muvozanat konstantasi (K_p) ni aniqlang.

Yechish. Reaksiyalarning hosim bo'yicha muvozanat konstantalari muvofiq ravishda teng :

$$a) K_p = \frac{P_{CH_3OH}}{P_{H_2}^2 \cdot P_{CO}}$$

$$b) K_{p,1} = \frac{P_{CO_2COOH}}{P_{CH_3OH} \cdot P_{CO}}$$

$$c) K_{p,2} = \frac{P_{CH_3OH}^2}{P_{H_2}^2 \cdot P_{CH_3COOH}}$$

« b » va « c » tenglamalarining o'ng va chap tomonlarini o'zaro ko'paytirilsa, « a » tenglama kelib chiqadi.

$$\text{Demak, } K_p = K_{p,1} \cdot K_{p,2} = 2.78 \cdot 10^{-5} \cdot 6.5 \cdot 10^{-6} = 1.8 \cdot 10^{-10} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)^{-1}$$

12. Quyidagi reaksiyada:



523 K va $1,0133 \cdot 10^7$ Pa bosimda konstantasi $K = 2,235 \cdot 10^{-3}$ ga teng, reaksiyada muvozanat qaror topganda CH_3OH ning unumini aniqlang (bosim - atm. birligida berilgan).

Yechish. (2. 8) - (2. 11) tenglamalardan foydalaniladi:

$$K_A = K_\alpha = \frac{f_{\text{CH}_3\text{OH}}}{f_{\text{CO}} \cdot f_{\text{H}_2}^2} = \frac{P_{\text{CH}_3\text{OH}}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2}^2} \cdot \frac{Y_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{Y_{\text{CO}} \cdot Y_{\text{H}_2}^2} = K_p K_\alpha P^{\Delta n}$$

$$K_Y = \frac{Y_{\text{CH}_3\text{OH}}}{Y_{\text{CO}} Y_{\text{H}_2}^2}$$

qiyamatini aniqlashda quyidagi mos holatlar qiyamatlaridan foydalanib, $\gamma = \varphi(\pi, \tau)$ bog'lanish berilgan.

Moddalar	$P \cdot 10^{-5}$ Pa	π	T_{krit} K	τ	γ
CH_3OH	73,54	1,27	513,2	1,02	0,55
CO	34,96	2,90	131,9	3,94	1,05
H_2	12,96	7,82	33,3	15,71	1,06

$$K_Y = \frac{0.55}{1.05 \cdot 1.06^2} = 0.466$$

bundan:

$$K_\alpha = 2.235 \cdot 10^{-3} = \frac{X_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{X_{\text{CO}} X_{\text{H}_2}^2} \cdot 0.466 \cdot 10^{-1}$$

$$K_c = \frac{X_{\text{CH}_3\text{OH}}}{P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2}^2} = \frac{2.235 \cdot 10^{-3}}{0.406 \cdot 0.1} = 47.96$$

Endi reaksiyadan oldingi va muvozanat holatidagi moddalarning mol miqdorini aniqlaymiz.

Agar x mol CH_3OH hosil bo'lgan bo'lsa:



qabul qilinadigan vaqtda 1 2 0

muvozanat holatida $1-x$ $2-2x$ x

$$\sum n_i = 1-x + 2-2x + x = 3-2x$$

$$x_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{x}{3-2x} \cdot P; \quad x_{\text{CO}} = \frac{1-x}{3-2x} P; \quad x_{\text{H}_2} = \frac{2-2x}{3-2x} P.$$

Masala sharti bo'yicha $P = 1$ atm teng bo'lgani uchun:

$$K_c = \frac{x_{\text{CH}_3\text{OH}}}{x_{\text{CO}} \cdot x_{\text{H}_2}^2} = \frac{x(3-2x)^2}{(3-2x)(1-x)^2} = \frac{x(3-2x)^2}{4(1-x)^2} = 47.96$$

Hu tenglamadan x ni aniqlash uchun x ga nisbatan uchinchi darajali tenglamani yechish kerak $x = 0.7983$ ga teng. Demak, 1 mol CO va 2 mol H_2 dan:

$0.7983(3-2 \cdot 0.7983) = 0.57$ mol CH_3OH hosil bo'ladi

13. Fosgen quyidagi reaksiya bo'yicha dissotsilanadi:



600°C va $1,38 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda dissotsilanish darajasi $\alpha = 0.9$ ga teng bo'ladi. Komponentlarning quyidagi jadvalda berilgan qiymatlarida reaksiya qaysi tomonga boradi?

No	P_{COCl_2}	P_{CO}	P_{Cl_2}
1	$1,013 \cdot 10^5$	$1,013 \cdot 10^5$	$1,013 \cdot 10^5$
2	$1,048 \cdot 10^5$	$2,026 \cdot 10^5$	$3,039 \cdot 10^5$
3	$1,048 \cdot 10^5$	$3,039 \cdot 10^5$	$3,039 \cdot 10^5$

Yechish. Reaksiya izoterma (2.17) tenglamasi yordamida izobarik potentsiallarning o'zgarishi aniqlanadi va uning ishorasiga qarab reaksiyaning yo'nalishi belgilanadi:

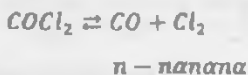
$$\Delta G = 2.3RT \left(\lg \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{COCl}_2}} - \lg K_p \right).$$

Demak, bu tenglamani yechish uchun, avvalo, K_p aniqlanishi kerak. Buning uchun moddalarning parsial bosimini aniqlash kerak, ya'ni Daltonning

parcial bosimlar qonuniga muvofiq:

$$\frac{n_i}{\sum n_i} = \frac{P_i}{\sum P_i}; \quad P_i = \frac{P_i}{\sum n_i} \sum P_i = \frac{n_i}{\sum n_i} P$$

Demak, parcial bosimlarni aniqlash uchun moddalarning mol soni va ularning yig'indisini toppish kerak. Agar COCl_2 dan n mol olingan bo'lsa:



Demak: $\sum n_i = n - n\alpha + n\alpha + n\alpha + n\alpha = n + n\alpha = n(1 + \alpha)$

Muvozanat holatida parcial bosimlar:

$$P_{\text{COCl}_2} = \frac{n(1 - \alpha)}{n(1 + \alpha)} P = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha} P$$

$$P_{\text{CO}} = P_{\text{Cl}_2} = \frac{n\alpha}{n(1 + \alpha)} P = \frac{\alpha}{1 + \alpha} P$$

Bu qiymatlar K_p tenglamasi bo'yicha:

1-holatda:

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{COCl}_2}} = \frac{\alpha^2 P}{1 - \alpha^2} = \frac{0.9^2 \cdot 1.38 \cdot 10^5}{1 - 0.9^2} = 5.883 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

va

$$\Delta G = 2.3RT \left[\lg \frac{P_{\text{Cl}_2} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{COCl}_2}} - \lg K_p \right] = 2.3 \cdot 8.314 \cdot 873 \times$$

$$\times \left[\lg \frac{1.013 \cdot 10^5 \cdot 1.013 \cdot 10^5}{1.013} - \lg 5.883 \cdot 10^5 \right] = -12.76 \text{ kJ}$$

Demak, 1-holatda reaksiya to'g'ri tomonga (chapdan o'ngga) boradi.

2-holatda:

$$\Delta G = 2.3 \cdot 8.314 \cdot 873 \left[\lg \frac{2.06 \cdot 10^5 \cdot 3.039 \cdot 10^5}{1.048 \cdot 10^5} - \lg 5.883 \cdot 10^5 \right] = 0$$

Demak, 2-holatda sistema muvozanat holatida bo'ladi.

3-holatda

$$\Delta G = 2.3 \cdot 8.314 \cdot 873 \left[\lg \frac{3.039 \cdot 10^5 \cdot 3.039 \cdot 10^5}{1.048 \cdot 10^5} - \lg 5.8834 \right] = 2.93 \text{ kJ}$$

Hunda reaksiya teskari tomonga borishi mumkin.

14. Quyidagi reaksiyada ΔG ni va U orqali reaksiyaning yo'nalishini aniqlang.



600°C da dissosilanish bosimi $4 \cdot 10^{-17}$ mm simob ustuniga teng. Shu haroratda kislorod $1.013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda olingan.

Yechish. Reaksiya geterogen bo'lganligidan ni hisoblashda qattiq holdagi moddalarning bug' bosimi hisobga olinmaydi:

$$K_p = \frac{1}{P_{\text{O}_2}}$$

va $P_{\text{O}_2} = 4 \cdot 10^{-17}$ mm simob ustuni yoki

$$P_{\text{O}_2} = \frac{4 \cdot 10^{-17} \cdot 1.013 \cdot 10^5}{760} = 5.33 \cdot 10^{-15} \text{ N/m}^2$$

$$K_p = \frac{1}{1.013 \cdot 10^5} - \lg \frac{1}{5.33 \cdot 10^{-15}} = -321.8 \text{ kJ}$$

Demak, reaksiyaning o'ng tomoniga boradi.

15. 800K da metil spirt hosil bo'ladi:



Reaksiyaning K_p ni aniqlang. Quyidagi ma'lumotlardan foydalaning:

$$K_{p,298} = 4.13 \cdot 10^{-10} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}; \quad \Delta H_{298}^0 = -90.44 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

Molar issiqlik sig'lm C_p lari:

$$C_{p,\text{CO}} = 28.41 + 4.1 \cdot 10^{-3}T - 0.46 \cdot 10^{-5} \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

$$C_{p,\text{H}_2} = 27.28 + 3.26 \cdot 10^{-3}T + 0.562 \cdot 10^{-5} \text{ J/mol} \cdot \text{grad}$$

$$C_{p,\text{CH}_3\text{OH}} = 15.28 + 105.2 \cdot 10^{-3}T - 31.04 \cdot 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

Yechish: (2.20) tenglamaga muvofiq:

$$\lg K_{p,800} = \lg K_{p,298} + \frac{\Delta H_{800}}{2.3R} \left(\frac{800 - 298}{800 \cdot 298} \right)$$

Demak, avval ΔH ning qiymatini aniqlash kerak :

$$\Delta H_{800} = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^{800} \Delta C_p dT$$

$$\Delta C_p = C_{p,CN_2O} - (C_{p,CO} + 2C_{p,H_2})$$

$$= -67.69 + 94.58 \cdot 10^{-3}T - 0.455 \cdot 10^{-5}T^{-2} - 31.04 \cdot 10^{-6}T^2$$

$$\Delta H_{800} = -90.44 + \int_{298}^{800} (-67.49 + 94.58 \cdot 10^{-3}T - 0.544 \cdot 10^{-5}T^{-2} -$$

$$-31.04 \cdot 10^{-6}T^2 dT) = -90.440 - 67.49(800 - 298) +$$

$$+ \frac{94.58 \cdot 10^6}{2} \times (800^2 - 298^2) + 0.54 \cdot 10^5 \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{298} \right) -$$

$$- \frac{103.7 \cdot 10^3}{2.3 \cdot 8.314} \times \frac{31.04 \cdot 10^6}{3} (800^3 - 298^3) = 103700J = 103.7kJ$$

$$\lg K_{p,800} = \lg 4.13 \cdot 10^{-10} - \frac{103.7 \cdot 10^3}{2.3 \cdot 8.314} \cdot \frac{800 - 298}{800 \cdot 298} = 1.5 \cdot 10^{-21}$$

16. 298 K da quyidagi reaksiyaning



muvozanat konstantasi K ni aniqlang. Moddalarning standart hosil bo'lish issiqlik

effekti ΔH_{298}^0 va standart entropiya ΔS_{298}^0 qiymati berilgan:

ΔH_{298}^0 kJ/mol	$Al_2(SO_4)_3$	Al_2O_3	SO_2
	-3434	-1675	-395.2
ΔS_{298}^0 J/mol · grad	239.2	50.94	256.23

Yechish. Kimyoviy reaksiyalarning izoterma tenglamasidan quyidagilarni yozsak:

$$\lg K_{p,298} = \frac{\Delta G_{298}^0}{2.3RT}$$

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{298}^0 &= \Delta H_{298}^0 Al_2(SO_4)_3 - (\Delta H_{298}^0 Al_2O_3 + \Delta H_{298}^0 3SO_2) = \\ &= -3434 - (1675 - 3 \cdot 395.23) = -573.4kJ. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta S_{298}^0 &= \Delta S_{298}^0 \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - (\Delta S_{298}^0 \text{Al}_2\text{O}_3 + \Delta S_{298}^0 \text{SO}_3) = \\ &= 239.2 - (50.92 + 3 \cdot 256.23) = -580.43 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}\end{aligned}$$

$$\Delta G_{298}^0 = -573 \cdot 10^3 - 298(-580.43) = -400.43 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\begin{aligned}\lg K_{p,298} &= \frac{\Delta G_{298}^0}{2.3RT} = \frac{400.42 \cdot 10^3}{2.3 \cdot 8.314 \cdot 298} = -70.26 \\ K_p &= 2.74 \cdot 10^{-71}\end{aligned}$$

17. Xlorid kislotasi HCl nung hosil bo'lish reaksiyasi :



Muvozanat konstantasi harorati bilan quyidagicha bo'lgan :

$$\lg K_p = \frac{9411.7}{T} - 1.312 \lg T + 0.128 \cdot 10^{-3} T + \frac{0.11 \cdot 10^5}{T^2} + 4.9$$

1000 K da reaksiyaning issiqlik effektini aniqlang.

Yechish : (2.21) tenglamadan :

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

Demak, $\lg K_p$ ni $\ln K_p$ ga aylantirib, T ni differensiallash kerak. Buning uchun tenglamaning o'ng tomonini 2.303 ga ko'paytirish kerak :

$$\ln K_p = \frac{21.675 \cdot 10^{-3}}{T} - 2.99 \ln T + 0.295 \cdot 10^{-3} T + \frac{0.253 \cdot 10^5}{T^2} + 11.28,$$

$$\Delta H_T^0 = RT^2 \left(-\frac{21.675 \cdot 10^{-3}}{T^2} - \frac{2.99}{T} + 0.295 \cdot 10^{-3} - \frac{0.506 \cdot 10^5}{T^3} \right) =$$

$$= -180.19 \cdot 10^3 - 10.918T + 2.45 \cdot 10^{-3} T^2 - \frac{4.207 \cdot 10^5}{T},$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{1000} &= -180.19 \cdot 10^3 - 10.918 \cdot 10^3 + 2.45 \cdot 10^3 - \\ &= -0.42 \cdot 10^3 = -189.07 \cdot 10^3 \text{ J}\end{aligned}$$

18. Quyidagi reaksiya



uchun berilgan ma'lumotlardan foydalanib, 400 K da muvozanat konstanta (K_p) aniqlang. Quyida ΔH_{298}^0 - moddalarning standart hosil bo'lish issiqlik effektlari, ΔS_{298}^0 - standart entropiyalari, C - moddalarning bosim o'zgarmas bo'lgandagi issiqlik sig'implarining haroratga bog'liqlik tenglamalari keltirilgan.

$$\Delta H_{298}^0(\text{RbSO}_4) = -219500 \text{ kal/mol}$$

$$\Delta H_{298}^0(\text{RbO}) = -52070 \text{ kal/mol}$$

$$\Delta H_{298}^0(\text{SO}_3) = -94400 \text{ kal/mol}$$

$$\Delta S_{298}^0(\text{RbSO}_4) = 35.2 \text{ kal/mol} \cdot \text{grad}$$

$$\Delta S_{298}^0(\text{RbO}) = 16.6 \text{ kal/mol} \cdot \text{grad}$$

$$\Delta S_{298}^0(\text{SO}_3) = -61.24 \text{ kal/mol} \cdot \text{grad}$$

$$C_p(\text{RbSO}_4) = 10.96 + 31 \cdot 10^{-3}T + 4.2 \cdot 10^5 T^{-2}$$

$$C_p(\text{RbO}) = 10.60 + 4 \cdot 10^{-3}$$

$$C_p(\text{SO}_3) = 13.7 + 6.42 \cdot 10^{-3}T + 3.12 \cdot 10^5 T^{-2}$$

Y e c h i s h. (2.24) tenglamaga muvofiq :

$$\lg K_p = \frac{\Delta G}{2.3RT}$$

Shuningdek, ΔG ning qiymati (2.25) tenglamadan foydalanib aniqlanadi :

$$\Delta G_T = \Delta H_T - T\Delta S_T$$

Bundan :

$$\Delta H_{298}^0 = (\Delta H_{298}^0 \text{RbO} + \Delta H_{298}^0 \text{SO}_3) - (\Delta H_{298}^0 \text{RbSO}_4) =$$

$$= (-52070 - 94400 - (-219500)) = 72980 \text{ kal.}$$

$$\Delta S_{298}^0 = (\Delta S_{298}^0 \text{RbO} + \Delta S_{298}^0 \text{SO}_3) - (\Delta S_{298}^0 \text{RbSO}_4) =$$

$$= (16.6 + 61.24) - (35.2) = 42.64 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

$$\Delta C_p = (C_p \text{RbO} + C_p \text{SO}_3) - (C_p \text{SO}_3) = 13.7 + 6.42 \cdot 10^{-3}T + 3.12 \cdot 10^5 T^{-2}$$

$$\Delta H_{400} = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^{400} \Delta C_p dT;$$

$$\Delta S_{400} = \Delta S_{298}^0 + \int_{298}^{400} \frac{\Delta C_p}{T};$$

$$\Delta G_{400} = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0 + \int_{298}^{400} \Delta C_p dT + \int_{298}^{400} \frac{\Delta C_p dT}{T};$$

$$\lg K_p = -\frac{\Delta H_{298}^0}{2.3RT} - \frac{\Delta S_{298}^0}{2.3RT} - \int_{298}^{400} \Delta C_p dT + \frac{1}{2.3R} \int_{298}^{400} \frac{\Delta C_p}{T} dT.$$

I-taxmin. Agar $\Delta C_p = 0$ deb faraz qilinsa. (IV.26) tenglamaga muvofiq:

$$\lg K_p = -\frac{\Delta H_{298}^0}{2.3RT} + \frac{\Delta S_{298}^0}{2.3R} = -\frac{72980}{4.57 \cdot 400} + \frac{42.64}{4.57} = -39.92 + 9.33 = -30.59$$

$0, 1 \cdot 10^{-11}$ ($R=1,98 \text{ kal/mol} \cdot \text{grad}$).

19. *Temkin-Shvartsman*. Agar $C_p \neq f(T)$, ya'ni C_p haroratga bog'liq emas turg'un deb faraz qilsak, (2.29) tenglamaga muvofiq:

$$\lg K_p = -\frac{\Delta H_{298}^0}{2.3RT} + \frac{\Delta S_{298}^0}{2.3R} - \frac{\Delta C_p}{2.3RT} \left[(T - 298) - T \lg \frac{T}{298} \right].$$

Ma'lumotnomalardan olingan ma'lumotlarga muvofiq o'rtacha C_p :

$$C_{p(\text{PbSO}_4)} = 26.15 \frac{\text{kal}}{\text{grad}}; \quad C_{p(\text{RbO})} = 15.81;$$

$$C_{p,\text{SO}_2} = 14.17 \frac{\text{kal}}{\text{grad}}; \quad \Delta C_p = 14.17 + 15.81 - 26.15 = 3.83;$$

$$\begin{aligned} \lg K_p &= -39.92 + 9.33 - \frac{3.83}{4.57 \cdot 400} (400 - 298) - 400 \lg \frac{400}{298} = \\ &= -30.59 + 0.17 = 30.76 \end{aligned}$$

Agar tenglamani Temkin-Shvartsman bo'yicha yechsak, ma'lumotnomadan olingan ($M_0=0,0392$; $M_1 = 0,0130 \cdot 10^3$ va $M_2= 0,0364 \cdot 10^5$) qiymatlar (2.31) tenglamaga quyiladi:

$$\lg K_p = -\frac{56.54}{4.57 \cdot 400} = -30.39, \quad K_p = 4.07 \cdot 10^{-31}$$

19. Temkin-Shvartsman usuli bilan 1200 K da quyidagi reaksiya uchun:



muvozanat konstantasi K ni aniqlang.

Kerakli ma'lumotlar quyidagi jadvalda berilgan:

Modda	ΔH_{298}^0 , kJ/mol	ΔH_{298}^0 , J/mol* grad	$C_p = f(T)$				
			a	$b \cdot 10^3$	$c \cdot 10^6$	$c_1 \cdot 10$	$d \cdot 10^9$
CO	-110,5	197,4	28,41	4,10	—	0,46	—
H ₂	0	130,6	27,28	3,26	—	0,502	—
CH ₄	-74,85	186,2	17,45	60,46	1,117	—	-7,20
CO ₂	-393,5	213,6	44,14	9,04	—	-8,63	—

Yechish. Bu ma'lumotlardan ΔH_{298}^0 ; ΔS_{298}^0 ; Δa ; $\Delta \beta$; Δc ; $\Delta c'$; Δd larning qiymatini hisoblanadi:

$$\Delta H_{298}^0 = [2\Delta H_{298}^0(\text{CO}) + 2\Delta H_{298}^0(\text{H}_2)] - [\Delta H_{298}^0(\text{CH}_4) + \Delta H_{298}^0(\text{CO}_2)] = 247.35 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_{298}^0 = [(2S_{298}^0(\text{CO}) + 2\Delta H_{298}^0(\text{H}_2))] - [(\Delta S_{298}^0(\text{CH}_4) + (\Delta S_{298}^0(\text{CO}_2)))] - [(\Delta S_{298}^0(\text{CH}_4) + (\Delta S_{298}^0(\text{CO}_2)))] = 256.2 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

$$\Delta a = [2a_{(\text{CO})} + 2a_{(\text{H}_2)}] - [a_{\text{CH}_4} + a_{\text{CO}_2}] = 49.78 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

$$\Delta b = [2b_{(\text{CO})} + 2b_{(\text{H}_2)}] - [b_{\text{CH}_4} + b_{\text{CO}_2}] = -54.78 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

$$\Delta c' = -c_{\text{CH}_4} = -1.117 \cdot 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

$$\Delta c' = 2c_{\text{CO}}^1 + 2c_{\text{H}_2}^1 - c_{\text{CO}_2}^1 = 8.614 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

$$\Delta d = -d_{\text{CH}_4} = -7.20 \cdot 10^{-9} \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}.$$

Ma'lumotlardan quyidagi qiymatlarni olib,

$$M_0 = 0.641, M_1 = 0.339, M_2 = 0.203, M_{-2} = 0.318,$$

$$M_3 = 0.137 \text{ (IV. 30; IV. 31) tenglamalarga qo'yilsa:}$$

$$\lg K_p = \frac{247350}{2.3 \cdot 8.314 \cdot 1200} + \frac{256.2}{2.3 \cdot 8.314} + \frac{1}{2.3 \cdot 8.314} = (31.93 - 18.57 - 0.227 + 2.739 + 0.986) = 3.5006$$

va

$$K_p = 3.166 \cdot 10^3$$

20. 800 K da quyidagi reaksiya uchun muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang.



Masalani yechishda quyidagi $\frac{\Delta G^0 - H_0^0}{T}$ va ΔH_0^0 qiymatlardan foydalaning.

	C_4H_6	H_2	C_4H_{10}
$\Delta H_0^0, \text{kJ/mol}$	125.95	0	-97.981
$\frac{\Delta G^0 - H_0^0}{T} \text{ J/mol-grad}$	-298.0	-130.482	-333.17

Y e c h i s h. (2.33) tenglamaga muvofiq Δ hisoblab chiqiladi:

$$\Delta \left(\frac{G_{800} - H_0^0}{T} \right) = [(-298.07) + (-2 \cdot 130.482)] - [-333.17] = -225.864 \text{ J/grad}$$

$$\Delta H^0 = 125.95 - (-97.981) = 223.931 \text{ kJ}$$

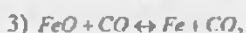
$$\lg K_p = \frac{1}{2.3R} \left[\Delta \left(\frac{G_{800} - H}{T} + \frac{\Delta H_0}{T} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2.3 \cdot 8.314} \left[-225.864 + \frac{223.931}{800} \right] = -2.8233$$

$$\lg K = -2.8233 ; K_p = 0.0015$$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Quyidagi reaksiya uchun muvozanat konstantasi ifodalarini yozing:



2. $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$ sistemada uglerod-(II) oksid va suv bug'ining dastlabki konsentratsiyalari teng bo'lib 0,08 mol/l bo'lsa, CO, H₂O va H₂ larning muvozanat konsentratsiyalari va muvozanat konstantasini hisoblang.

3. Azot-(IV) oksidni yopiq idishda ma'lum haroratda qizdirilganda, quyidagi muvozanat qaror topadi: $2NO_2 \leftrightarrow 2NO + O_2$

Muvozanat vaqtida aralashma tarkibidagi moddalar 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.

4. 823K va $1,0133 \cdot 10^5$ N/m² bosimda fosgenning ($Cl_2 + CO \leftrightarrow COCl_2$) uglerod oksidi va xloga dissotsialanish darajasi 77%. K_p va K_c topilsin.

5. 555°C haroratda $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ reaksiya uchun muvozanat konstantasi $K_p \cdot K_c = 25$. Moddalarning quyida berilgan boshlang'ich konsentratsiyalari asosida shu haroratda reaksiyaning yo'nalishi topilsin:

$$C_{H_2} = 2 \text{ kmol/m}^3; \quad C_{N_2} = 5 \text{ kmol/m}^3; \quad C_{NH_3} = 10 \text{ kmol/m}^3.$$

6. Agir gazlarning muvozanatdagi aralashmasida 39% CO₂ bo'lsa,

$FeO + CO = Fe + CO_2$ reaksiyaning 1000K da va $1,0133 \cdot 10^5$ N/m² bosimda muvozanat konstantasi topilsin.

7. 767 K haroratda va $9,89 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ bosimda azot (IV) oksidi $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$ tenglama bo'yicha 56,5% ga dissotsiyalanadi. K_p va K_c topilsin.

8. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ reaksiyaning 623K haroratda muvozanat konstantasi

$K_p = 2,32 \cdot 10^{-17}$ ga teng. Shu haroratdagi K_c ning qiymati topilsin.

9. 1 mol CO, 1 mol H_2O , 1 mol H_2 va 1 mol CO_2 dan iborat gaz aralashmasida quyidagi reaksiya borgan: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$.

Muvozanat holatda CO ning miqdori 0,16 mol ga teng. Reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang.

10. 1 mol azot va 3 mol vodorod aralashmasi bilan quyidagi reaksiya o'tkazilgan:



10. $13 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda (muvozanat holatida) 0,5 mol NH_3 hosil bo'lgan. K_p ni aniqlang. Hajm hisobida NH_3 aralashmaning necha foizini tashkil qiladi?

11. 4,9 mol HCl va 5,1 mol O_2 olib, 480°C da quyidagi reaksiya o'tkazilgan: $4\text{HCl} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$.

Muvozanat holatida bosim 723 mm simob ustuniga teng. Olingan HCl ning 76% i reaksiyaga kirishgan. Reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang.

12. $0,5\text{N}_2\text{O}_4 \leftrightarrow \text{NO}_2$ reaksiyaning K_p va K_c sini aniqlang. N_2O_4 ning dissotsilanish darajasi $\alpha = 0,533$, bosim $5,40 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

13. 67 K va $9,899 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ bosimda azot (IV) oksid NO_2 quyidagi reaksiya bo'yicha dissotsilangan:



a. reaksiyuning K_p va K_c si aniqlangan;

b. shu haroratdu NO_2 ning 80% i dissotsilanishi uchun bosim qanchaga teng bo'lishi kerak?

14. PCl_5 quyidagicha dissotsilanaadi:



14. 900 K va 1 atm. Bosimda muvozanatdagi 1 litr aralashmadagi 3,133 g a va b_p ni aniqlang.

15. 1 mol CO va 1 mol Cl_2 gazlaridan iborat aralashma 550°C va 1 atmda reaksiyaga kirishgan:



Muvozanat holatda 0,2 mol $COCl_2$ hosil bo'lgan. K_p va K_c ni aniqlang.

16. 2500 K da va 1 atm bosimda suv bug'i 4,20% dissotsilangan:



K_p ni aniqlang.

17. Uglitrod CO_2 bilan quyidagicha reaksiyaga kirishadi:



Muvozanat holatda 900 K va 1 atm da gaz aralashmasining mol hisobida 15,28% ini CO tashkil qilgan. K_p ni aniqlang va 10 atm bosimda muvozanatda qancha CO hosil bo'ladi?

18. 30°C da quyidagi reaksiyaning $SO_2Cl_2 \leftrightarrow SO_2 + Cl_2$ muvozanat konstantasi $K_c = 2,9 \cdot 10^{-3}$ ga teng. 30°C va 0,5 atm da SO_2Cl_2 ning dissotsilanish konstantasini aniqlang.

19. Quyidagi efilanish reaksiyasida $K_p = 3,3$ ga teng.



Agar reaksiya uchun 1 mol spirt va 1 mol kislota olinsa, qancha efir hosil bo'ladi?

20. 500 K da quyidagi reaksiyaning $PCl_5 \leftrightarrow PCl_3 + Cl_2$ muvozanat konstantasi $K_p = 2,961 \cdot 10^{-5} (N/m^2)^{-1}$ gateng. Umumiy bosim $8,201 \cdot 10^5 N/m^2$ bo'lganda 500 K da dissotsilanish (α) darajasi qanchaga teng bo'ladi?

21. 20% CO va 80% H_2O aralashmasi 800 K gacha isitilgan:



$K_p = 4,12$ ga teng. Muvozanat holatdagi aralashma tarkibini va 1 kg suv bug'i olinganda qancha vodorod hosil bo'lishini aniqlang.

22. 375 K da $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 \leftrightarrow \text{SO}_2\text{Cl}_2$ reaksiyaning muvozanat konstantasi $K_p = 9,27$ ga teng. SO_2 va Cl_2 dan 1 kmol/m³ dan olinsa, SO_2Cl_2 ning muvozanat holatidagi konsentratsiyasini aniqlang.

23. 445 K da quyidagi reaksiyaning $\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$ muvozanat konstantasi $K_p = 50$ ga teng. 1,27 g yod va 0,02 g vodorod 445 K gacha isitilganda muvozanat holatdagi aralashma hajmi 1 lga teng bo'lgan. Necha mol HI hosil bo'ladi va gaz aralashmalarining muvozanat parsial bosimlarini aniqlang.

24. 1400 K da reaksiya $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ da $K_p = 0,78$ ga teng. Umumiy bosim 1 atm bo'lganda muvozanatda gaz aralashmasining tarkibini aniqlang.

25. Quyidagi reaksiya $2\text{CuCl} + \text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{Cu} + 2\text{HCl}$ da $K_p = 2,1$ ga teng. Reaksiya boshlanishidan avval gaz fazada 0,1 mol H_2 va 0,02 mol HCl bo'lsa, muvozanat holatda umumiy bosim 1 atm ga (parsial bosim atmosfera bilan ifodalansa) teng bo'lgan. Necha gramm Cu hosil bo'lganligini aniqlang.

26. $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ reaksiyaning muvozanat holatida CO_2 , H_2 , CO , H_2O laming parsial bosimlari mos ravishda 0,116, 0,484, 0,200 va 0,200 atm ga teng.

a) reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang;

b) muvozanat holatdagi 15 mol CO , 15 mol H_2O va 65,16 mol CO_2 bilan muvozanatda bo'lgan vodorod necha mol?

27. 1 mol CO , 1 mol H_2O , 1 mol H_2 va 1 mol CO_2 dan iborat gaz aralashmasida quyidagi reaksiya borgan:



Muvozanat holatda CO ning miqdori 0,16 mol ga teng. Reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang.

28. 1 mol azot va 3 mol vodorod aralashmasi bilan quyidagi reaksiya o'tkazilgan:



$10,13 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda (muvozanat holatida) 0,5 mol NH_3 hosil bo'lgan. K_p ni aniqlang. Hajm hisobida NH_3 aralashmaning necha foizini tashkil qiladi?

30. 4,9 mol HCl va 5,1 mol O₂ olib, 480°C da quyidagi reaksiya o'tkazilgan:



Muvozanat holatida bosim 723 mm simob ustuniga teng. Reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang.

31. 0,5N₂O₄ ⇌ NO₂ reaksiyaning K_p va K_c sini aniqlang. N₂O₄ ning dissotsilanishi darajasi α = 0,533, bosim 5,40 · 10⁴ Pa.

32. 767 K va 9,899 · 10⁴ Pa bosimda azot (IV) oksid NO₂ quyidagi reaksiya bilan dissotsilangan:



a) reaksiyaning K_p va K_c si aniqlangan;

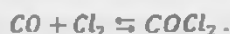
b) shu haroratda NO₂ ning 80% i dissotsilanishi uchun bosim qanchaga teng bo'lishi kerak?

33. PCl₅ quyidagicha dissotsilanadi:



400 K va 1 atm bosimda muvozanatdagi 1 litr aralashmadagi 3,3133 g avval K_p ni aniqlang.

34. 1 mol CO va 1 mol Cl₂ gazlaridan iborat aralashma 550°C va 1 atm da reaksiyaga kirishgan:



Muvozanat holatda 0,2 mol COCl₂ hosil bo'lgan. K_p va K_c ni aniqlang.

35. 2500 K da va 1 atm bosimda suv bug'i 4,20% dissotsilangan:



K_p ni aniqlang.

36. Uglerod CO₂ bilan quyidagicha reaksiyaga kirishadi:



Muvozanat holatda 900 K va 1 atm da gaz aralashmasining mol hisobida 35,28% ni CO tashkil qilgan. K_p ni aniqlang va 10 atm bosimda muvozanatda qancha CO hosil bo'ladi?

36. 30°C da quyidagi reaksiyaning $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$ muvozanat konstantasi

$K_c = 2,9 \cdot 10^{-2}$ ga teng. 30°C va $0,5$ atm da SO_2Cl_2 ning dissotsilanish konstantasini aniqlang.

37. Quyidagi efitlanish reaksiyasida $K_p = 3,3$ ga teng.



Agar reaksiya uchun 1 mol spirt va 1 mol kislota olinsa, qancha efir hosil bo'ladi?

38. 500K da quyidagi reaksiyaning $\text{PCl}_3 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{PCl}_5$ muvozanat konstantasi

$K_p = 2,961 \cdot 10^{-3} (\text{N/m}^2)^{-1}$ gateng. Umumiy bosim $8,201 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bo'lganda 500K da dissotsilanish (α) darajasi qanchaga teng bo'ladi?

39. 20% CO va 80% H_2O aralashmasi 800K gacha isitilgan:



$K_p = 4,12$ ga teng. Muvozanat holatdagi aralashma tarkibini va 1 kg suv bug'i olinganda qancha vodorod hosil bo'lishini aniqlang.

40. 445K da quyidagi reaksiyaning $\text{I}_2 + \text{J}_2 \rightleftharpoons 2\text{IJ}$ muvozanat konstantasi $K_p = 50$ ga teng. $1,27\text{g}$ yod va $0,02\text{g}$ vodorod 445K gacha isitilganda muvozanat holatdagi aralashma hajmi 1 l ga teng bo'lgan. Necha mol IJ hosil bo'ladi va gaz aralashmalarining muvozanat parsial bosimlarini aniqlang.

41. 1400K da reaksiya $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2$ da $K_p = 0,78$ ga teng. Umumiy bosim 1 atm bo'lganda muvozanatda gaz aralashmasining tarkibini aniqlang.

42. Quyidagi reaksiya $2\text{CuCl} + \text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{Cu} + 2\text{HCl}$ da $K_p = 2,1$ ga teng. Reaksiya boshlanishidan avval gaz fazada $0,1$ mol H_2 va $0,02$ mol HCl bo'lsa, muvozanat holatda umumiy bosim 1 atmga (parsial bosim atmosfera bilan ifodalansa) teng bo'lgan. Necha gramm Cu hosil bo'lganligini aniqlang.

43. 400°C va $10,13 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ da ammiakning dissotsilanish darajasi (α) va muvozanat aralashmasidagi ammiakning foiz miqdorini aniqlang.

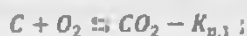
400°C da reaksiyaning muvozanat konstantasi $K_p = 78,59 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ ga teng.

44. 727K da quyidagi reaksiyada $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$

$t_2 = 3,417 \cdot 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}^{-1}$ ga teng. Qanday bosim ostida SO_2 20% gacha dissotsilanadi?

NO_2 ning dissotsilanishini 5% gacha kamaytirish uchun bosim qancha bo'lishi kerak?

45. $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$ reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni quyidagi reaksiyalar muvozanat konstantalari orqali aniqlang:



46. 1500 K da suv bug'ining quyidagi reaksiya bo'yicha



dissotsilanish darajasi $\alpha = 2,21 \cdot 10^{-4}$ ga teng. CO_2 ning shu haroratda quyidagi reaksiya bo'yicha



dissotsilanish darajasi $\alpha = 4,8 \cdot 10^{-4}$ ga teng. Shu haroratda quyidagi reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang:

47. 300°C va $10133,0 \text{ N/m}^2$ bosimda stexiometrik miqdorda C_2H_4 va H_2O reaksiyaga kirishgan:



Reaksiyaning muvozanat konstantasi $K_p = 4,566 \text{ (kN/m}^2\text{)}^{-1}$ ga teng. Etil spirtining unumini aniqlang (reaksiya unumi deb mahsulot mol sonining muvozanat mahshmasidagi umumiy mollar soniga nisbatining hajmda ifodalangan foiziga aytiladi).

$$\gamma_{\text{C}_2\text{H}_4} = 0,958; \gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 0,78; \gamma_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 0,642.$$

48. $0,5\text{N}_2 + 1,5\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_3$ reaksiyasi berilgan. Mazkur jarayonda stexiometrik miqdorda N_2 va H_2 700 K va $405,3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda reaksiyaga kiritilgan. Reaksiyada ΔG ning o'zgarishi quyidagicha:

$$\Delta G = -37949 + 72,757 \lg T - 16,61 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,40 \cdot 10^{-6} T^{-3}.$$

Ammiakning unumini aniqlang.

49. 1500°C va $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda quyidagi reaksiyada



dastlabki moddalarning parsial bosimlari jadvalda keltirilgan miqdorda bo'lsa, reaksiya qaysi tomonga boradi?

$P_{\text{H}_2\text{O}}, \text{N/m}^2$	$P_{\text{H}_2}, \text{N/m}^2$	$P_{\text{O}_2}, \text{N/m}^2$
$1,013 \cdot 10^5$	$1,013 \cdot 10^3$	$1,013 \cdot 10^5$
$1,013 \cdot 10^4$	$2,026 \cdot 10^2$	$1,25 \cdot 10^{-3}$
$1,013 \cdot 10^4$	$1,013 \cdot 10^1$	$1,26 \cdot 10^{-3}$

51. Quyidagi reaksiya $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$ 30°C da olib borilganda, $K_p = 2,88 \cdot 10^1$ N/m²ga teng bo'lgan. Dastlabki moddalarning parsial bosimlari quyida jadvalda keltirilgan miqdorda bo'lsa, reaksiya qaysi tomonga boradi?

$P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}, \text{N/m}^2$	$P_{\text{SO}_2}, \text{N/m}^2$	$P_{\text{Cl}_2}, \text{N/m}^2$	T, K
$4,052 \cdot 10^5$	$2,026 \cdot 10^5$	$2,026 \cdot 10^5$	
$3,565 \cdot 10^3$	$1,013 \cdot 10^3$	$1,013 \cdot 10^4$	
$2,026 \cdot 10^3$	$1,013 \cdot 10^3$	$1,013 \cdot 10^4$	700

52. Quyidagi reaksiya $\text{FeO}(q) + \text{CO}(g) \rightleftharpoons \text{Fe}(q) + \text{CO}_2(g)$ 1000 K va $1,013 \cdot 10^5$ N/m² bosimda olib borilganda, CO, ning parsial bosimi 265 mm simob ustuniga teng bodganda muvozanat qaror topadi. Reaksiyaga olingan moddalarning dastlabki parsial bosimlari quyidagi jadvalda keltirilgan miqdorda bodganida reaksiya qaysi tomonga boradi?

$P_{\text{CO}}, \text{N/m}^2$	$P_{\text{CO}_2}, \text{N/m}^2$
$2,02 \cdot 10^5$	$4,02 \cdot 10^5$
$1,62 \cdot 10^5$	$3,039 \cdot 10^5$
$2,026 \cdot 10^5$	$2,026 \cdot 10^5$

53. 930 K da quyidagi reaksiyada 1 ga teng:



Agar shu haroratda gaz aralashmasi CO = 50, CO₂ = 20, H₂ = 25, H₂O = 5 tarkibda (hajmiy % hisobida) bo'lsa, reaksiya qaysi tomonga boradi?

54. 300°C va $1,013 \cdot 10^5$ N/m² da quyidagi $2\text{HJ} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{J}_2$ reaksiyada HJ ning dissotsilanish darajasi = 20% ga teng bodadi. Dastlabki moddalarning jadvalda keltirilgan parsial bosimlarida reaksiya qaysi tomonga boradi?

$P_{H_2}, N/m^2$	$P_{H_2}, N/m^2$	$P_{J_2}, N/m^2$
$3,039 \cdot 10^1$	$3,039 \cdot 10^1$	$5,07 \cdot 10^1$
$3,039 \cdot 10^1$	$3,039 \cdot 10^1$	$4,76 \cdot 10^2$
$3,039 \cdot 10^1$	$3,039 \cdot 10^1$	$1,013 \cdot 10^3$

55. Agar $25^\circ C$ da $\Delta G_{298, C_6H_5Cl}^0 = 198,4 \text{ kJ/mol}$; $\Delta G_{298, HCl}^0 = -95,28 \text{ kJ/mol}$,
 .16 $\Delta G_{298, C_6H_6}^0 = 124,6 \text{ kJ/mol}$; $\Delta G_{298, Cl_2}^0 = 66,454 \text{ kJ/mol}$ bo'lsa, quyidagi reaksiya
 borishi mumkinmi?:



56. Quyidagi reaksiyada 1000 K da $K_r = 10^{-2}$ ga teng.



$1000-2000 \text{ K}$ da reaksiya issiqlik effekti o'rtacha $\Delta H = 134160 \text{ kal}$. Reaksiyaning
 2000 K dagi muvozanat konstantasini aniqlang.

57. 1080 K da reaksiyaning muvozanat konstantasi $K_p = 1$ ga teng. Qanday
 haroratda $K_p = 27,56$ ga teng bo'ldi. reaksiyaning issiqlik effekti $\Delta H = 9848 \text{ kal}$.

58. PCl_5 ning 473 K va $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ dagi dissotsilanish darajasi $\alpha =$
 $0,485$ va 523 K . Shu bosimda $\alpha = 0,8$ ga teng. $R = \text{const}$ bo'lganida $PCl_5 + Cl_2 \rightleftharpoons$
 PCl_3 reaksiyaning $473 - 523^\circ C$ chegarasida o'rtacha issiqlik effektini aniqlang.

59. $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$. Yuqoridagi reaksiyada muvozanat
 konstantasi harorat bilan quyidagicha bog'langan:

$$\lg K = \frac{-9876}{T} + 8,18 \lg T - 1,96 \cdot 10^{-2} T - 11,4$$

Reaksiyaning 1000 K dagi issiqlik effektini aniqlang.

60. Quyidagi reaksiyaning $SnO_2(q) + 2H_2(g) \rightleftharpoons Sn(q) + 2H_2O(g)$
 muvozanat konstantasi harorat bilan quyidagicha bog'langan:

$$\lg K_p = -\frac{2968}{T} - 1,656 \lg T - 9,08 \cdot 10^{-3} T + 8,416 .$$

1073 K da K_p va ΔH ni aniqlang.

61. $2H \rightarrow H_2$ reaksiyaning muvozanat konstantasi harorat bilan quyidagicha
 bog'langan:

$$\lg K_p = \frac{22570}{T} - 1.504 \lg T - 0.767.$$

800 K da K_p va ΔH ni aniqlang.

62. $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ reaksiyaning muvozanat konstantasi harorat bilan quyidagicha bog'langan:

$$\lg K_c = \frac{24900}{T} - 1335 \lg T - 9.65 \cdot 10^{-5} T - 1.37 \cdot 10^{-7} T^2 + 1.08$$

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ reaksiya uchun:

$$\lg K_c = \frac{95.86}{T} - 0.44 \lg T + 2.6$$

$4HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2$ reaksiya uchun 800 K da K_p va ni aniqlang.

63. a) $C_6H_6 + 3H_2 \rightleftharpoons C_6H_{12}$ (vab) $C_6H_5CH_3 + 3H_2 \rightleftharpoons C_6H_{11}CH_3$ reaksiyalari muvozanat konstantalari harorat bilan quyidagicha bog'langan:

$$a) \lg K_{p,a} = \frac{9590}{T} - 9.9194 \lg T + 0.002284 T + 8.566;$$

$$b) \lg K_{p,b} = \frac{10970}{T} - 20.387.$$

$C_6H_{11}CH_3 + C_6H_6 \rightleftharpoons C_6H_5CH_3 + C_6H_{12}$ reaksiyaning 400°C dagi muvozanat konstantasi K_p va issiqlik effektini ΔH aniqlang.

64. a) $2CuCl \rightleftharpoons 2Cu + Cl_2$ va b) $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$ reaksiyalarning muvozanat konstantalari harorat bilan quyidagicha bog'langan:

$$a) \lg K_{p,a} = \frac{13638}{T} + 0.4534 \lg T - 0.109 \cdot 10^{-4} T + 3.426.$$

$$b) \lg K_{p,b} = \frac{5.272}{T} - 2.01 \lg T - 0.766.$$

$2CuCl(g) + CO \rightleftharpoons 2Cu(q) + COCl_2$ reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p va issiqlik effekti ΔH ning 1000 K dagi qiymatini aniqlang.

65. $4NO + 6H_2O \rightleftharpoons 4NH_3 + 5O_2$ reaksiyaning 1000 K da muvozanat konstantasi K_p va reaksiyaning issiqlik effektini aniqlang. Muvozanat konstantasi harorat bilan quyidagicha bog'langan:

$$\lg K_p = -\frac{47500}{T} - 1.7511 \lg T - 8.7$$

66. Temkin-Shvarsman usulidan foydalanib, gaz fazasida 800 K va $1,0133 \cdot 10^5$ Pa bosimda borayotgan $2C_6H_5CH_3(g) \rightleftharpoons C_6H_6 \cdot (CH_3)_2(g) + C_6H_6(g)$ reaksiyaning ΔG sini aniqlash orqali muvozanat konstantasi qiymatini va muvozanat holatdagi aralashma tarkibini (molar qism ifodasida) aniqlang.

Kerakli ma'lumotlar ilova (ma'lumotnoma)dan olingan.

$$M_0 = 35,97; M_1 = 0,1574 \cdot 10^3; M_2 = 0,0733 \cdot 10^6.$$

67. Quyidagi ma'lumotlardan foydalanib, 298 K da reaksiyaning muvozanat konstantasi (K) ni aniqlang:

$$2C + 3H_2 \rightleftharpoons C_2H_6$$

$$\Delta H_{298, C_2H_6}^0 = -20236 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}. \quad \Delta H_{298, C}^0 = 0; \quad \Delta H_{298, H_2}^0 = 0;$$

$$S_{H_2}^0 = 31,21 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}.$$

68. 25°C da $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl$ reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang. Shu haroratda reaksiyaning issiqlikeffekti

$$\Delta H_{298}^0 = 44126 \text{ kal}. \Delta S_{H_2}^0 = 31,211 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}. \Delta S_{Cl_2}^0 = 53,286 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}.$$

$$\Delta H_{HCl}^0 = 44617 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}.$$

69. 1000 K da $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang. Quyidagi ma'lumotlardan foydalangan holda: $\Delta H_{298, CO_2}^0 = -91052 \text{ kal/mol}$, $\Delta H_{298, CO}^0 = -26416 \text{ kal/mol}$, $\Delta H_{298, H_2O}^0 = -57799 \text{ kal/mol}$,

$$S_{CO_2}^0 = 51,06 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}, S_{H_2}^0 = -31,211 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}, S_{CO}^0 = 47,301 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

$$S_{H_2O}^0 = 45,100 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}; \Delta C_p = 1,72 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}.$$

70. Quyidagi ma'lumotlardan foydalanib, $\text{NiS}(q) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{NiO}(q) + \text{H}_2(g)$ reaksiya uchun 600 K dagi K_p ni aniqlang.

№	Modd a	Kkal/mol*gr ad	S, Kkal/mol*gr ad	Issiqlik sig'imi, Kkal/mol*grad		
				C = f(T) tenglama koeffitsientlari		
				a	b*10 ³	c*10 ⁵
				13,6	0,83	-2,91
1	NO	-58,4	9,22	9		
2	H ₂ S	-4,815	49,15	7,10	3,25	—
3	NiS	-18,6	13,4	9,28	3,40	—
4	H ₂ O	-57,798	45,166	7,20	2,70	—
5	H ₂ O(c)	-58,217	26,217	—	—	—

71. 400 K da $\text{PbSO}_4 \rightleftharpoons \text{PbO} + \text{SO}_2(g)$ (2) reaksiyaning K_p ini aniqlang. Quyidagi ma'lumotlardan foydalaning.

$$\Delta H_{298, \text{PbSO}_4}^0 = -219500 \frac{\text{kal}}{\text{mol}}; \quad \Delta H_{298, \text{PbO}}^0 = -52070 \frac{\text{kal}}{\text{mol}};$$

$$\Delta H_{298, \text{SO}_2}^0 = -54450 \frac{\text{kal}}{\text{mol}}; \quad S_{298, \text{PbSO}_4}^0 = -35,2 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

$$S_{\text{PbO}}^0 = 16,6 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

$$S_{\text{SO}_2}^0 = -61,24 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad};$$

400 K da hisoblash uchun (*Temkin-Shvartsman usuli bo'yicha*)

$$M_0 = 0,0392, \quad M_1 = 0,030 \cdot 10^3, \quad M_2 = 0,0364 \cdot 10^5.$$

72. 1000°C (1273K) da:



reaksiyaning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang. Buni yechishda quyida keltirilgan ma'lumotlardan foydalaning:

$$\left(\frac{G^0 - H^0}{T}\right)_{CO} = -210.939 \frac{J}{mol} \cdot grad.$$

$$\Delta H_{0,CO}^0 = -113.880 \frac{kJ}{mol} \cdot grad ;$$

$$\left(\frac{G^0 - H^0}{T}\right)_{H_2} = -143.483 \frac{J}{mol} \cdot grad ;$$

$$\Delta H_{298,H_2}^0 = 0 \frac{kJ}{mol} ;$$

$$\left(\frac{G^0 - H^0}{T}\right)_{CH_4} = -211.965 \frac{J}{mol} \cdot grad ;$$

$$\Delta H_{298,CH_4}^0 = -66.965 \frac{kJ}{mol} \cdot grad ;$$

$$\left(\frac{G^0 - H^0}{T}\right)_{CO_2} = -235.990 \frac{J}{mol} \cdot grad ;$$

$$\Delta H_{298,CO_2}^0 = -393.229 \frac{kJ}{mol} \cdot grad ;$$

KO'P VARIANTLI MASALALAR

1. Ikki usul bilan reaksiyalarning muvozanat konstantasi K_p ni aniqlang:

1) standart hosil bo'lish issiqlik effekti ΔH_{298}^0 va entropiyaning standart mutlaq (absolut) qiymatlari S_{298}^0 dan foydalanib;

2) keltirilgan izobarik potensial 1 atm. bosimdagi va mutlaq noldagi reaksiya effekti

ΔH_0 dan foydalanib toping.

Kerakli ma'lumotlarni ilovadan oling. Agar kerakli haroratda ma'lumot berilmagan bo'lsa, uni ekstrapolatsiya (fikran davom ettirish yo'li) bilan topish mumkin. Barcha moddalarni gaz holatida deb hisoblang.

№ T/6	Reaksiyalар	T, K
1	$\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	500
2	$\text{C}_2\text{H}_6 - \text{CO} = \text{CH}_3\text{COCH}_3$	400
3	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = \text{CH}_3\text{COOH}$	400
4	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$	500
5	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$	600
6	$\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	500
7	$2\text{SO} + \text{O}_2 = 2\text{SO}_2$	600
8	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	500
9	$\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	500
10	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	675
11	$\text{HCl} = 0,5\text{H}_2 + 0,5\text{Cl}_2$	400
12	$0,5\text{N}_2 + 0,5\text{O}_2 = \text{NO}$	1400
13	$\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 0,5\text{O}_2$	1000
14	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$	2000
15	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$	1200
16	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	900
17	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	1000
18	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$	700
19	$\text{CO} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	1000
20	$3\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$	1000

2. A va B moddalar stexiometrik miqdorda reaksiyaga kiritilgan.

Umumiy bosim $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ va T haroratda D moddaning unumini aniqlang.

Kerakli ma'lumotlarni ilovadan oling.

3. Gaz holatidagi A va B moddalar o'zaro reaksiyaga kirishib, gaz fazada mavjud bo'luvchi C mahsulotni hosil qiladi. Mana shu kimyoviy jarayon uchun:

a) Jarayon muvozanatga kelgan vaqtdagi C mahsulotni X ga teng miqdori orqali K_p va K_c larni ifodalang. Bunda A va B moddalar umumiy (P) bosim va T (K) sharoitda stexiometrik miqdorlarda olingan deb hisoblang;

b) Harorat 300 K, bosim $7,5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ va $X=0,45$ bo'lgandagi K_p va K_c larni qiymatini toping;

c) Jarayon borayotgan sistema bosimi $3 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ va harorati 300 K bo'lgan sharoitdagi muvozanat holat uchun C mahsulot miqdorini aniqlang.

d) Harorat 300K bo'lgandagi A va B moddalarni mahsulotga aylanish darajasini hisoblang.

<i>Variant raqami</i>	<i>Reaksiya tenglamasi</i>	<i>Variant raqami</i>	<i>Reaksiya tenglamasi</i>
1	$A+B=1/2C$	14	$3A-1/2B=2C$
2	$1/2A+B=C$	15	$1/2A+1/2B=3C$
3	$3A+B=2C$	16	$1/2A+1/2B=C$
4	$2A+3B=3C$	17	$A+3B=3C$
5	$2A+1/2B=2C$	18	$3A+B=C$
6	$3A+1/2B=C$	19	$A+2B=2C$
7	$A+2B=C$	20	$A+2B=3C$
8	$A+B=3C$	21	$A+B=2C$
9	$1/2A+B=2C$	22	$2A+2B=C$
10	$1/2A+B=3C$	23	$2A+2B=3C$
11	$2A+1/2B=3C$	24	$3A+3B=2C$
12	$2A+3B=2C$	25	$1/2A+B=1/2C$
13	$3A+1/2B=3C$		

**MASALALARNI AMALIY RAVISHDA YECHISUGA TEGISHLI
FIZIK-KIMYOVIY KATTALIKLAR MA'LUMOTNOMASI**

1. Gaz fazada boruvchi reaksiyalarning muvozanat konstantalarini hisoblash

uchun $-\frac{G-H_0}{T}$ va $H^{\circ}_T - H^{\circ}_0$ funksiya qiymatlari¹

$$\Delta H^{\circ}_0 = \Delta H^{\circ}_T - \Delta(H^{\circ}_T - H^{\circ}_0); \lg K_f = -\frac{1}{4.57} \left[\frac{\Delta(H^{\circ}_T - H^{\circ}_0)}{T} + \frac{\Delta H^{\circ}_0}{T} \right] \text{ va}$$

298,15-2000 K harorat oralig'ida

1-jadval

Modda nomi	$-\frac{G-H_0}{T}$, J/mol-grad						$H^{\circ}_T - H^{\circ}_0$, kJ/mol(298 °K da)	ΔH°_f , kJ/mol
	298,15° K	500° K	800° K	1000° K	1500° K	2000° K		
Br	154,13	164,88	174,65	179,30	187,83	193,98	6,196	95,052
Br ₂	212,76	230,066	246,450	254,400	269,1	279,67	9,723	0,000
C (grafit)	2,113	4,606	8,707	11,343	17,230	22,200	0,979	0,000
Cl	144,051	155,063	165,318	140,242	179,192	185,510	6,272	119,453
Cl ₂	192,200	208,568	224,254	231,944	246,266	256,663	9,180	0,000
F	136,783	148,164	158,527	163,414	172,220	178,414	6,519	77,404
F ₂	173,084	188,707	203,660	211,049	224,949	235,174	8,832	0,000
I	93,822	104,571	114,340	118,976	127,407	133,385	6,196	216,028
H ₂	102,182	116,922	130,482	136,963	148,904	157,603	8,447	0,000
J	159,895	170,640	180,410	185,050	193,481	199,476	6,196	74,383
J ₂	226,677	244,576	261,374	269,469	284,399	295,114	10,117	0,000
N ₂	162,423	177,473	191,276	197,932	210,392	219,567	8,669	0,000
O	138,394	149,923	160,264	165,100	173,799	179,925	6,729	246,802
O ₂	175,929	191,058	205,171	212,090	225,111	234,722	8,682	0,000
S ₂	201,832	216,204	230,597	237,814	251,479	261,588	7,816	0,000
CO	168,469	183,527	197,368	204,079	216,643	225,907	8,673	113,880

O_2	182,263	199,439	217,157	226,409	244,689	258,759	9,368	393,229
$COCl_2$	240,433	264,830	290,817	304,399	330,912	350,966	12,866	215,932
CO	202,016	221,890	242,492	253,111	273,667	289,098	10,665	-16,192
CO_2	169,586	184,606	198,359	204,995	217,371	226,501	8,648	-51,584
CF_4	157,812	172,816	186,523	193,108	205,347	214,346	8,640	-92,140
CF_2	144,837	159,783	173,418	179,929	191,900	200,619	8,599	-268,571
CF_2O	177,800	192,481	206,300	212,999	225,547	234,819	8,657	-4,146
H_2O	155,507	172,770	188,845	196,744	211,853	223,392	9,908	-238,90
H_2S	172,310	189,778	206,351	214,656	230,819	243,287	9,958	-82,061
HF	158,975	176,816	194,455	203,648	222,166	237,028	10,042	-39,221
NO	179,816	195,631	210,020	216,970	229,932	239,434	9,180	89,872
NO_2	205,878	224,191	242,433	251,827	270,211	284,253	10,226	36,263
SO_2	212,710	231,760	250,868	260,672	279,663	293,972	10,548	-358,937
SO_3	217,777	240,057	264,065	276,838	302,168	321,595	11,824	-453,947
CCl_4 Uglerod tetraxlo rid	252,120	285,560	321,750	340,620	377,100	404,380	17,280	-101,286
$CHCl_3$ form	248,245	275,520	305,430	321,410	353,090	377,520	14,209	-99,411
CH_2O shumoli aldegid	185,160	203,090	220,960	230,540	250,250	-	12,312	-112,143
CH_3Cl metil alorid	199,450	218,660	239,530	251,040	275,180	294,890	10,418	-78,454
CH_4 metan	152,590	170,527	189,108	199,313	220,944	239,015	10,029	-66,965
CH_3OH metil spirt	201,376	222,340	244,970	257,650	-	-	14,265	-190,380
C_2H_2 asetile n	167,250	186,259	206,915	218,032	240,755	258,950	10,037	227,141

3. Organik birikmalarning normal sharoitdagi yonish

issiqlik effektlari - $\Delta H_{\text{yonish}}^{\circ 298}$

Yonishning so'nggi mahsulotlari: CO_2 (g.), H_2O (s.), N_2 (g.), SO_2 (g.). Tarkibida galogen saqlovchi kimyoviy birikmalar yonishida so'nggi mahsulot sifatida vodorod galogenidlari ajraladi

1-jadval

Kimyoviy birikma nomi	$\Delta H^{\circ 298}$		Kimyoviy birikma nomi	$\Delta H^{\circ 298}$	
	kJ/mol	kkal/mol		kJ/mol	kkal/mol
Uglevododlar			Kislorodsaqlovchikimyoviybirikmalar		
CH_4 (g.) metan	-890,31	-212,79	CH_3O (s.) metil spirt	-726,64	-173,67
C_2H_2 (g.) atsetilen	-1299,63	-310,62	$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$ (s.) etil spirt	-1366,91	-326,70
C_2H_4 (g.) etilen	-1410,97	-33,23	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ (s.) glikol	-1192,86	-285,10
C_2H_6 (g.) etan	-1559,88	-372,82	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ (s.) glitserin	-1664,40	-397,80
C_3H_6 (g.) propilen	-2058,53	-492,00	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ (kr.) fenol	-063,52	-732,20
C_3H_8 (g.) propan	-2220,03	-530,60	CH_2O (g.) formaldegid	-563,58	-134,70
n- C_4H_{10} (g.) n-butan	-2878,38	-687,95	$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$ (g.) atsetaldegid	-1192,44	-285,00
izo- C_4H_{10} (g.) izobutan	-2871,69	-686,35	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ (s.) atseton	-1789,79	-427,77
C_5H_{12} (g.) pentan	-3536,15	-845,16	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ (s.) etilatsetat	-2254,21	-538,77
C_6H_6 (g.) benzol	-3301,59	-789,10	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ (s.) dietil efir	-2730,90	-652,70
C_6H_6 (s.) benzol	-3267,70	-781,00	CH_2O_2 (s.) chumoli kislota	-256,48	-61,30
C_6H_{12} (s.) siklogeksan	-3919,91	-936,88	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (s.) sirka kislota	-873,79	-208,84
C_7H_8 (s.) toluol	-3910,28	-934,58	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (kr.) shavel kislota	-246,02	-58,80
C_8H_{10} (s.) p-ksilol	-4552,86	-1088,16	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ (kr.) benzoy kislota	-3227,54	-771,40
C_{10}H_8 (kr.) naftalin	-5156,78	-1232,50	$\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}_2$ (kr.) stearin kislota	-1127,46	-269,47
$\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ (kr.) fenantren	-7049,87	-1684,96	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (kr.) glyukoza	-2815,80	-673,00
Galogen saqlovchi kimyoviy birikmalar			$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ (kr.) kamfora	-5904,00	-1411,00
CCl_4 (s.) uglerod tetraxlorid	-156,1	-37,3	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (kr.) saxaroza	-5648,00	-1350,00
CHCl_3 (s.) xloroform	-373,2	-89,2	Azot saqlovchi kimyoviy birikmalar		

145

CH_3Cl (g.) metil xlorid	-689,1	-164,7	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ (kr.) o-nitrobenzol	-634,3	-151,1
$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ (s.) xlorbenzol	-3148,9	-750,7	$\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2$ (kr.) m-nitrobenzol	-1087,8	-260,0
Oltinugurt saqlovchi kimyoviy birikmalar			$\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_4\text{N}_2$ (s.) nitrogitsern	-1541,4	-368,4
COS (g.) uglerod oltinugurt oksidi	-553,1	-132,2	$\text{C}_5\text{H}_3\text{N}$ (s.) piridin	-2755,2	-658,5
CS_2 (s.) Uglerod sulfid	-1075	-257	$\text{C}_6\text{H}_3\text{O}_6\text{N}_3$ (kr.) simm-trinitrobenzol	-2778,2	-664,0
			nosimam-trinitrobenzol	-2839,3	-678,6
			$\text{C}_6\text{H}_3\text{O}_7\text{N}_3$ (kr.) pirkin kislota	-2580,2	-611,9
			$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_4\text{N}_2$ (kr.) o-dinitrobenzol	-2944,3	-703,7
			m-dinitrobenzol	-2917,1	-697,2
			p-dinitrobenzol	-2910,4	-696,6
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$ (s.) nitrobenzol	-3091,2	-738,9
			$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_3\text{N}$ (kr.) p-nitrofenol	-2884	-689,3
			$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ (s.) anilin	-3396,2	-811,7

¹-A Atkins. Physical Chemistry. W.H. Freeman and Company, New York, 2006

4. Gaz fazada boruvchi muhim reaksiylarning termodinamik muvozanat konstantalarini temperaturaga bog'liqligi

4-jadval

Reaksiya	K_r ni hisoblash ifodasi	$\lg K_a = \varphi(T)$
$2\text{H} = \text{H}_2$	$K_f = \frac{f_{\text{H}_2}}{f_{\text{H}}^2}$	$\lg K_a = \frac{22547}{T} - 1,722 \lg T + 0,085 \cdot 10^{-3} T - 0,18$
$2\text{Cl} = \text{Cl}_2$	$K_f = \frac{f_{\text{Cl}_2}}{f_{\text{Cl}}^2}$	$\lg K_a = \frac{12545}{T} - 1,153 \lg T + 0,062 \cdot 10^{-3} T - 2,32$

146

$2\text{Br (g.)} \rightleftharpoons \text{Br}_2\text{(g.)}$	$K_f = \frac{f_{\text{Br}_2}}{f_{\text{Br}}^2}$	$\lg K_a = \frac{10024}{T} - 0.528 \lg T + 0.018 \cdot 10^{-3} T - 3.964$
$2\text{I (g.)} \rightleftharpoons \text{I}_2\text{(g.)}$	$K_f = \frac{f_{\text{I}_2}}{f_{\text{I}}^2}$	$\lg K_a = \frac{7870.4}{T} - 0.333 \lg T - 0.02 \cdot 10^{-3} T - \frac{0.043 \cdot 10^5}{T^2} - 4.34$
$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$	$K_f = \frac{f_{\text{HCl}}^2}{f_{\text{H}_2} f_{\text{Cl}_2}}$	$\lg K_a = \frac{9411.7}{T} - 1.312 \lg T + 0.128 \cdot 10^{-3} T + \frac{0.11 \cdot 10^5}{T^2} + 4.9$
$\text{H}_2 + \text{Br}_2\text{(g.)} \rightleftharpoons 2\text{HBr}$	$K_f = \frac{f_{\text{HBr}}^2}{f_{\text{H}_2} f_{\text{Br}_2}}$	$\lg K_a = \frac{5153}{T} - 1.465 \lg T + 0.203 \cdot 10^{-3} T + \frac{0.075 \cdot 10^5}{T^2} + 5.31$
$\text{H}_2 + \text{I}_2\text{(g.)} \rightleftharpoons 2\text{HI}$	$K_f = \frac{f_{\text{HI}}^2}{f_{\text{H}_2} f_{\text{I}_2}}$	$\lg K_a = \frac{337.5}{T} - 1.45 \lg T + 0.21 \cdot 10^{-3} T + \frac{0.053 \cdot 10^5}{T^2} + 5.267$
$2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O (g.)} \rightleftharpoons 4\text{HCl} + \text{O}_2$	$K_f = \frac{f_{\text{HCl}}^4 f_{\text{O}_2}}{f_{\text{Cl}_2}^2 f_{\text{H}_2\text{O}}^2}$	$\lg K_a = \frac{6007}{T} + 0.505 \lg T - 0.045 \cdot 10^{-3} T + \frac{0.13 \cdot 10^5}{T^2} + 5.407$
$\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2\text{(g.)}$	$K_f = \frac{f_{\text{COCl}_2}}{f_{\text{CO}} f_{\text{Cl}_2}}$	$\lg K_a = \frac{6031}{T} + 0.247 \lg T + 0.18 \cdot 10^{-3} T - \frac{0.158 \cdot 10^5}{T^2} - 7.86$
$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O (g.)}$	$K_f = \frac{f_{\text{H}_2\text{O}}^2}{f_{\text{H}_2}^2 f_{\text{O}_2}}$	$\lg K_a = \frac{24830}{T} - 3.13 \lg T + 0.3 \cdot 10^{-3} T + \frac{0.09}{T^2} 10^5 + 4.39$
$2\text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2$	$K_f = \frac{f_{\text{CO}_2}^2}{f_{\text{CO}}^2 f_{\text{O}_2}}$	$\lg K_a = \frac{29800}{T} + 0.17 \cdot 10^{-3} T - \frac{0.323 \cdot 10^5}{T^2} - 9.477$
$\text{CO} + \text{H}_2\text{O (g.)} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$	$K_f = \frac{f_{\text{H}_2} f_{\text{CO}_2}}{f_{\text{CO}} f_{\text{H}_2\text{O}}}$	$\lg K_a = \frac{2486}{T} + 1.565 \lg T - 0.066 \cdot 10^{-3} T - \frac{0.21 \cdot 10^5}{T^2} - 6.93$
$2\text{H}_2 + \text{S}_2\text{(g.)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{S (g.)}$	$K_f = \frac{f_{\text{H}_2\text{S}}^2}{f_{\text{H}_2}^2 f_{\text{S}_2}}$	$\lg K_a = \frac{8364}{T} - 3.84 \lg T + 0.605 \cdot 10^{-3} T + \frac{0.056}{T^2} 10^5 + 6.825$

147

$2\text{NO} \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{O}_2$	$K_f = \frac{f_{\text{N}_2} f_{\text{O}_2}}{f_{\text{NO}}^2}$	$\lg K_a = \frac{3094}{T} - 0.237 \lg T + 0.592 \cdot 10^{-3} T - \frac{0.037}{T^2} 10^5 - 8.927$
$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$	$K_f = \frac{f_{\text{NH}_3}^2}{f_{\text{N}_2} f_{\text{H}_2}^3}$	$\lg K_a = \frac{9490.7}{T} - 0.02 \lg T + \frac{0.068 \cdot 10^5}{T^2} + 1.43$
$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$	$K_f = \frac{f_{\text{NO}_2}^2}{f_{\text{NO}}^2 f_{\text{O}_2}}$	$\lg K_a = \frac{3995}{T} - 0.574 \lg T + 0.158 \cdot 10^{-3} T - \frac{0.223}{T^2} 10^5 - 5.28$
$\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$	$K_f = \frac{f_{\text{NO}}^2}{f_{\text{N}_2} f_{\text{O}_2}}$	$\lg K_a = \frac{3094}{T} - 0.237 \lg T + 0.592 \cdot 10^{-3} T - \frac{0.037}{T^2} 10^5 - 8.927$

148

3 - BOB. FAZALAR MUVOZANATI

Ba'zan kimyoviy jarayonlar anchagina murakkab tarzda boradi - jarayon davomida moddalarning (*agregat*) holati va allotropik shakllari o'zgaradi, ya'ni yangi sohalar (*fazalar*) hosil bo'ladi yoki yo'qoladi.

Bu bobda sohalarining mavjud bo'lish shartlari, sohalar bo'yicha moddalarning taqsimlanishi, bir agregat holatdan ikkinchisiga o'tishi, haroratning bosim bilan o'zgarishi singari, bu xildagi jarayonlarga xos bo'lgan xossalar haqida baxs yuritiladi.

3.1. FAZALAR MUVOZANATI TERMODINAMIKASI

Massalar ta'siri qonuni bir jinsli gomogen moddalar orasida bo'ladigan muvozanatlar uchungina tadbiiq etiladi.

Ko'p jinsli moddalar orasidagi yuzaga keladigan muvozanat geterogen yoki *fazaviy muvozanat* deyilib, bunday muvozanat massalar ta'siri qonuniga bo'ysunmaydi. Ko'p fazali geterogen sistemalardagi muvozanatni xarakterlash uchun Gibbs (*amerika fizigi*) 1873-1878 yillarda *fazalar qoidasini* yaratdi. Bu qoida - geterogen sistemaning alohida olingan gomogen qismlari qanday sharoitda (P, T, C va h.z.) o'zaro termodinamik *muvozanatda turishini* ifodalaydi.

Muvozanatda turgan sistema holati *fazalar soni*, *kimyoviy tarkibi* va *termodinamik xossalari* bilan xarakterlanadi. Agar bu uch xususiyat ma'lum bo'lsa, sistemaning holati aniqlangan hisoblanadi. Sistema tarkibi - *komponentlar soni*, termodinamik xossalari esa - *erkinlik darajalari soni* bilan xarakterlanadi.

Geterogen sistemadagi moddalar bir-biridan chegara sirtlari bilan ajralgan bo'ladi. Geterogen sistemaning hoshqa qismlaridan chegara siri bilan ajralgan va bir xil kimyoviy, fizikaviy hamda termodinamik xossaga ega bo'lgan gomogen qismi *faza* (F) deyiladi. Misol: *chin eritmalar, guzlar aralushmasi* (masalan - havo) bitta fazani tashkil etadi. *To'yingan eritmaning o'zi birgina fazadan iborat, lekin uni ustidagi to'yingan bug' ham nuzarga olinsa, albatta ikki fazalidir. Agar bir qattiq jism ikkinchi qattiq jismda eritilib bir jinsli aralashma hasil qilinsa, bu ham bir fazali bo'ladi. Eritma tagida cho'kma (qattiq tuz) ham bo'lsa, hu sistema uch fazali bo'ladi.*

Demak, moddalalar sistemani har xil agregat holatda (*gaz, suyuq, qattiq*) tashkil etishi mumkin. Shunga ko'ra sistemalar - *bir fazali, ikki fazali, uch fazali va ko'p fazali bo'ladi.*

Har bir sistema bir yoki bir necha moddadan iborat bo'lib, bu moddalar *sistemaning tarkibiy qismlari* deb ataladi. Sistemadan ajratib olinganda uzoq vaqt mustaqil ravishda mavjud bo'la oladigan moddalar (*individual kimyoviy birikma*) - *Komponentlar* deyiladi. Komponentlar *oddiy va murakkab* bo'lishi mumkin.

Masalan, NaCl ning suvdagi eritmasida H₂O va NaCl dan tashqari, bu moddalardan hosil bo'lgan Na⁺, Cl⁻, H⁺, OH⁻ ionlar ham mavjud. Bu ionlar sistemadan tashqarida mavjud bo'la olmaydi. Shunga ko'ra, ular komponent bo'la olmaydi. H₂O va NaCl ni esa komponent deb hisoblash mumkin. Demak, NaCl ning suvdagi eritmasida ikkita komponent bor.

Termodinamik sistemadagi har qaysi fazalarning kimyoviy tarkibini to'la hisoblash uchun etarli bo'lgan modda xillarining (*komponentlarning*) eng kichik soni sistemaning mustaqil tarkibiy qismlari yoki *komponentlar soni (K)* deb ataladi.

Har bir komponent boshqa komponentlarga bog'liq bo'lmagan holda mavjud bo'la oladi va o'zgarishi mumkin. Muvozanatdagi sistemalar komponentlar soniga qarab - *bir, ikki va ko'p komponentli* bo'ladi. *Komponentlar sonini aniqlashda sistemaning hamma tarkibiy qismlari hisobga olinmaydi.*

Masalan:

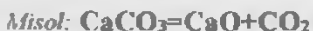
- osh tuzining suvli eritmasida H₂O, H⁺, OH⁻, Na⁺, Cl⁻ zarrachalari bor, lekin komponentlar soni 2ta- H₂O, NaCl.

- kalsiy karbonat (CaCO₃) ning ajralishida, muvozanat vaqtida sistemada ikkita tarkibiy qism (CaO, CaCO₃, CO₂) bo'lishiga qaramay, *komponentlar soni 2ga teng*, chunki biz ikki moddaning miqdorini bilsak, uchunchisining miqdorini ular orasidagi bog'lanishdan hisoblab topa olamiz.

Agar sistemaning komponentlari bir-biri bilan ta'sirlashmasa (*m. fizikaviy sistemada*), komponentlar soni sistemadagi moddalar soniga (*tarkibiy qismlar soniga*) teng bo'ladi. *Masalan,* oddiy sharoitda muvozanatda H₂, O₂ aralashmasi bo'lsin. Ular

orasida bu haroratda (*oddiy sharoitda*) hech qanday kimyoviy reaksiya bormaydi, shunga ko'ra fazalar konsentratsiyasini aniqlash uchun ikkala komponentning tarkibini bilish kerak bo'ladi, *binobarin bu sistemada komponentlar soni ikkiga teng.*

Sistemadagi moddalar bir-biri bilan kimyoviy ta'sirlashsa, unda komponentlar soni tarkibiy qismlar sonidan sistemada borayotgan kimyoviy reaksiyalar soni ayirmasiga teng bo'ladi:



Komponentlar soni - 2

faza - 3 ta
tarkibiy qism - 3 ta
reaksiya soni - 1 ta



$$K = 3 - 1 = 2$$

Yana bir misol keltirsak



Tarkibiy qism - 4 ta

Reaksiya soni - 1 ta

Komponentlar soni - $K = 4 - 1 = 3$ ta.

Sistemada uch komponent - NH_4Cl , NH_3 , HCl mavjud bo'lsin. Bu komponentlar orasida ikkita bog'lanish (*tenglama*) mavjud



bu reaksiya uchun:

$$K_c = [\text{NH}_3][\text{HCl}] \quad (3.1)$$

ikkinchi tomondan:

$$[\text{NH}_3] = [\text{HCl}] \quad (3.2)$$

Demak, komponentlar soni, ya'ni bog'lanmagun o'zgaruvchilar soni

1.1.1) ga teng. Agar dastlabki NH_4Cl miqdori, sistemaning harorati va hajmi o'zgarish bo'lsa NH_3 va HCl miqdorlarini (3.1) va (3.2) tenglamalar yordamida hisoblash mumkin.

Demak, kimyoviy sistemalarda komponentlar soni doim sistemadagi tarkibiy qismlar sonidan kam bo'ladi.

Sistemaning termodinamik bolati *erkinlik darajasi* bilan xarakterlanadi.

Erkinlik darajasi (C) – sistemaning termodinamik holatini to'liq xarakterlash uchun etarli bo'lgan *mustaqil o'zgaruvchi parametrlar soni* (harorat – T, bosim – P, kontsentratsiya – C).

Hoshoqacha aytganda, fazalar soni va xiliga xalal bermay turib, ma'lum sharoitda ixtiyoriy ravishda o'zgartirish mumkin bo'lgan parametrlar soni - sistemaning erkinlik darajasi sonidir.

Erkinlik darajasi variantlik bilan ifodalanadi va sistemalar

- invariantli (C=0)
- monovariantli (C=1)
- bivarvariantli (C=2) bo'ladi.

Masalan: P=const da tuzning to'yingan eritmasi monovariantli (C=1), chunki haroratning har bir qiymatiga ma'lum kontsentratsiyali to'yingan eritma mos keladi.

To'yinmagan eritma – bivarvariantli T, C)

Gazlar aralashmasi – bivarvariantli (ta'sir etuvchi parametrlar – P, T, va V. Lekin, P va T o'zgartirilsa, V – o'z-o'zidan o'zgaradi. V ni $PV=nRT$ tenglamadan

sistemaning termodinamik xossasini aniqlash uchun kamida *ikki parametr qiymati ma'lum bo'lishi kerak.*

FAZALAR QOIDASI. Sistemaning tashqi parametrlari (P,T) o'zgarsa, muvozanat buziladi: eritma kontsentratsiyasi o'zgaradi yoki biror faza yo'qoladi, yoki yangi faza hosil bo'ladi.

Bu kabi o'zgarishlar sistemada yangi muvozanat yuzaga kelgunga qadar davom etadi. Fazalarni bu kabi bir-biriga aylanishida o'zgaradigan parametrlar soni fazalar qoidasi asosida topiladi.

Fazalar qoidasi geterogen sistemani xarakterlovchi kattalikkarni - fazalar soni (Φ) komponentlar soni (K) va erkinlik darajalari soni (C) ni bir-biri bilan bog'laydi.

$$\varphi = (\Phi, K, C) = 0 \quad (3, 3)$$

Muvozanat qaror topgunda hamma fazalarda harorat, bosim va har qaysi komponentning kimyoviy potentsiali bir xil bo'ladi.

Sistemaning erkinlik darajasi Gibbsning fazalar qoidasi asosida topiladi.

K komponentli geterogen sistemada erkinlik darajasi bilan fazalar sonining yig'indisi komponentlar soni +2 ga teng

$$C + \Phi = K + 2 \quad \text{undan} \quad C = K - \Phi + 2 \quad (2 - \text{bosim va harorat})$$

Agar tashqi parametrlardan faqat T -harorat ta'sir etsa, ya'ni $P = \text{const}$ bo'lgan sistemalarda (*kondensirlangan, ya'ni qattiq va suyuq fazalardan iborat sistemalar uchun*) erkinlik darajasi soni

$$C = K - \Phi + 1 \quad \text{yordamida aniqlanadi.}$$

Muvozanatda har qaysi fazaning holati harorat, bosim va hamma komponentlarning mustaqil ravishda o'zgaruvchi konsentratsiyalari bilan xarakterlanadi. K - komponent tutgan xohlagan fazaning kimyoviy tarkibini bilish uchun ($K-1$) komponentlar konsentratsiyasini bilish kifoya. Shunday qilib, hamma fazaning tarkibini bilish uchun mustaqil komponentlar sonini bilish kerak. Sistemaning termodinamik holatini aniqlash uchun T, V, P lardan ikkitasini bilish kifoya. Shunday qilib, umumiy mustaqil o'zgaruvchilar (noma'lumlar) soni $[(K-1)\Phi + 2]$ ga teng bo'ladi.

Sistemadagi komponentlar $1, 2, 3, \dots, K$ bilan, fazalar esa $1, 2, 3, 4, \dots, \Phi$ bilan ifodalanadi. Komponentning qanday bo'lmasin biror fazadagi kimyoviy potensialini yozishda potentsial ishborasi o'ng tonxonining pastiga (*indeksiga*), shu komponentning yuqorisiga (*koeffitsiyentiga*) esa fazalar sonini ko'rsatamiz. Komponentlarni bir-biri bilan bog'lagan tenglamalar sonini hisoblaylik muvozanat vaqtida har qaysi komponentning kimyoviy potentsiali hamma fazalarda bir xil bo'lgani uchun:

$$\mu_1^{(1)} = \mu_1^{(2)} = \dots = \mu_1^{(\Phi)} \quad \mu_2^{(1)} = \mu_2^{(2)} = \dots = \mu_2^{(\Phi)} \quad , \quad \text{ya'ni} \quad (\Phi - 1) \text{ tenglama}$$

$$\mu_1^{(1)} = \mu_1^{(1)}, \quad \mu_2^{(1)} = \mu_1^{(2)} - \mu_1^{(1)} = \mu_2^{(2)}, \quad \text{ya'ni} \quad (\Phi - 1) \text{ tenglama}$$

$$\mu_1^{(2)} = \mu_1^{(2)}, \quad \mu_2^{(2)} = \mu_1^{(3)} - \mu_1^{(2)} = \mu_2^{(3)}, \quad \text{ya'ni} \quad (\Phi - 1) \text{ tenglama}$$

Demak, barcha K komponentlar uchun tenglamalar soni $(\Phi - 1) K$ ga teng.

Hirga ko'ra, mustaqil o'zgaruvchi parametrlar soni, ya'ni erkinlik darajalari soni

$$C = [(K-1)\Phi + 2] - (\Phi - 1) K \text{ ga teng bo'ladi va bundan} \\ C + \Phi = K + 2 \quad (3.4)$$

o'rinli chikadi. *Bu tenglama fazalar qoidasining ifodasidir.*

Itu qoidadan kelib chiqadigan ba'zi bir natijalarni ko'rib chiqaylik. Faraz qilaylik, sistemada komponentlar soni birga teng bo'lsin ($K=1$), bunda (3.4) tenglamaga muvofiq:

$$C + \Phi = 3$$

Hirga ko'ra, agar $\Phi = 1$ bo'lsa $C = 2$

$$\Phi = 2 \quad C = 1$$

$$\Phi = 3 \quad C = 0 \text{ bo'ladi.}$$

Erkinlik darajalari soni kamaygan sari muvozanatda turadigan fazalar soni ham juyib boradi.

Demak, bir komponentli sistemada bir vaqtning o'zida eng ko'pi bilan 3 ta, ikki komponentli sistemada (3.4) tenglamaga muvofiq bu qiymat 4 ta faza muvozanatda bo'lishi mumkin.

3.2. "Suyuq-bug'" va "qattiq-suyuq" fazalar muvozanati

«Suyuqlik-bug'» fazalar muvozanati

Agar bir-birida cheksiz eriydigan (aralashadigan) A va B suyuqliklardan iborat sistemalar qaynatilsa, «suyuqlik-bug'» fazalari hosil bo'lib, ma'lum harorat va bosimda muvozanatda bo'ladi. Suyuqlik va bug' fazalar tarkibi ko'pincha har xil bo'ladi. P_A^0, P_B^0 — toza A va B moddalarning bug' bosimi, P_A, P_B — eritmadagi bug' bosimi, N_A, N_B — A va B moddalarning suyuq fazadagi va N_A, N_B — bug'dagi molar qismlari bo'lsa, ular o'rtasidagi quyidagi bog'lanishlarni (Raul qonunidan foydalanib) topish mumkin.

Suyuqlik va bug' fazasida konsentratsiyalar quyidagicha bog'langan:

$$N_A^1 = \frac{P_A^0}{P} N_A ; N_B^1 = \frac{P_B^0}{P} N_B ; \quad (3.5)$$

P - eritma ustidagi bug'ning umumiy bosimi $P = P_A + P_B$;

$$\left(\frac{1}{N_A^1} - 1\right) = \frac{P_B^0}{P_A^0} \left(\frac{1}{N_A^2} - 1\right) \quad (3.6)$$

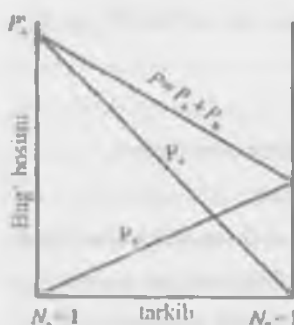
$$\left(\frac{1}{N_B^1} - 1\right) = \frac{P_A^0}{P_B^0} \left(\frac{1}{N_B^2} - 1\right) \quad (3.7)$$

(3.9) tenglama «tarkib—harorat» koordinatasiga qo'yilsa, ideal sistemalar uchun to'g'ri chiziqli (3.1-rasm) va real sistemalar uchun (3.2-rasm) holatlarni ko'rsatuvchi diagrammalar hosil qilinadi.

Bunday sistemalardagi muvozanat «tarkib—xossa» diagrammasida o'rganiladi va diagramma holat deyiladi. t_A^0, t_B^0 nuqtalar toza A va B moddalarning qaynash harorati.

Ko'pincha absissalar o'qiga sistema tarkibi va ordinatalar o'qiga esa qaynash haroratlari qo'yiladi. Muvozanatdagi biror ma'lum haroratga ikki xil tarkib, ya'ni suyuqlik va bug' tarkiblari to'g'ri keladi. Rasmda $t_A t_B$ chizig'i suyuqlik, $t_A b t_B$ chizig'i esa bug' tarkibini belgilovchi nuqtalar majmuidir.

$t_A a t_B$ chizig'i suyuqlik, $t_A b t_B$ esa bug' chizig'i bo'lib, suyuqlik egrisining



3.1-rasm.
Real sistemalarning
holat diagrammasi.

pastida bitta faza—suyuqlik, $t_A b t_B$ chizig'i ustida faqat bug' faza va ularning o'rtasida sistema geterogen bo'lib, ikkifaza — bug' va suyuqlikdan iborat. Masalan, N_1 tarkibli va t haroratga to'g'ri kelgan A nuqtadagi sistema suyuq va bug' fazalaridan iborat bo'ladi. Bu sohada suyuqlik va bug' massalar miqdori (massasi) richag qoidasidan foydalanib aniqlanadi, ya'ni:

$$m_b H = m_s M,$$

m_s, m_b — suyuqlik (eritma) va bug' fazalar massasi.

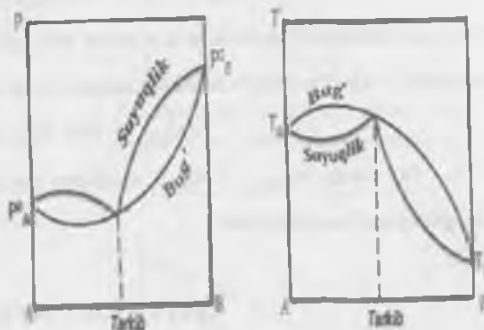
H — bug' faza yelkasi

uzunligi) va M - critma faza yelkasi (uzunligi) ho'lsa, richag qoidasiga muvofiq:

$$\frac{m_a}{m_b} = \frac{(bd)}{(ad)}$$

Critmaktan yelkalarni o'lchab, massasining nisbati aniqlanadi va umumiy

massa $M = m_a + m_b$ ma'lum bo'lsa, bu ikki tenglamadanhar qaysi fazaning



3.2-rasm. Real sistemalarning holatdiagrammalari.

ayrim massasini aniqlash mumkin.

N_a, N_b - ma'lum haroratdagi suyuqlik va bug' fazalarning tarkibini ko'rsatadi.

Ba'zi sistemalarda bug' egrisi ekstremumdan (*maksimum yoki minimum*) o'tadi. Ekstremum nuqtadagi critma azeotrop critma (aralashma) deyiladi. Azeotrop eritmada suyuqlik va bug' fazalar bir xil tarkibda bo'ladi va qaynash jarayonida suyuqlik va bug' fazalarning tarkibi o'zgar olmaydi va shunga ko'ra turg'un haroratda qaynaydi. Azeotrop aralashmani haydash yo'li bilan to'la tarkibiy qismlarga ajratish mumkin emas. Toza A (yoki B) moddaning bir qismi toza holda ajraladi va bir qismi azeotrop aralashmada qoladi.

Agarda sistema bir-birida erimaydigan (*aralashmaydigan*) A va B suyuqliklardan iborat bo'lsa, umumiy bug' bosimi A va B larning toza holdagi bug' bosimlarining yig'indisiga teng bo'ladi:

$$P = P_A^0 + P_B^0. \quad (3.8)$$

$P > P_A^0$ va $P > P_B^0$ bo'lganligidan, sistema ayrim moddalarga qaraganda past haroratda qaynaydi. Ba'zi, ayniqsa organik moddalar qarorsiz bo'lib, ular toza holda qaynatib haydalganda qaynash haroratiga bormasdan ajralib ketadi. Shunga ko'ra, bu xil moddalar suv bug'i bilan haydaladi. Bu holda bug' va kondensatning tarkibi ta'xil bo'ladi:

$$m_{H_2O} = m_B \cdot 18P_{H_2O}^0 / (M_B P_{H_2O}^0). \quad (3.9)$$

m_{H_2O} -B moddani haydash uchun kerak bo'lgan suv miqdori, M_B - B moddaning molar massasi. 1 kg B moddani haydash uchun kerak bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^1 = 18 \cdot P_{H_2O}^0 / (M_B P_{H_2O}^0).$$

Bu yerda m_{H_2O} - 1 kg B moddani haydash uchun kerak bo'lgan suv - suv koeffitsiyenti ham deyiladi.

QATTIQ-SUYUQ FAZALAR

MUVOZANATI

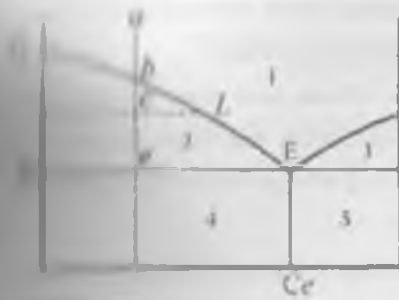
Moddalarning kondensatlangan (*suyuq va qattiq*) holatlarida bosimning ta'siri sezilarli bolmaganligidan «qattiq-suyuq» sistemalar muvozanatini o'rga-nishda bosimni o'zgarimas $P = \text{const}$ deb qabul qilinadi va shunga ko'ra Gibbsning fazalar qoidasi quyidagicha bo'ladi:

$$C + F = K + 1.$$

Agar $A - B$ moddalar suyuq holda cheksiz aralashib, o'zaro kimyoviy reaksiyaga kirishmas va birikma hosil qilmasa, oddiy diagramina olinadi (3.3-rasm).

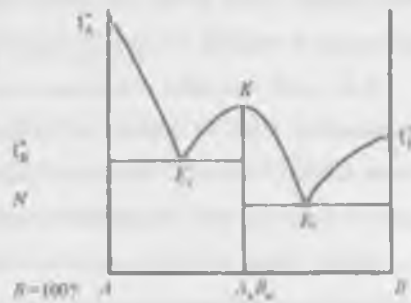
t_A, t_B nuqtalar — A va B moddalarning suyuqlanish harorati.

$t_A E$ chizig' A modda suyuqlanish haroratining tarkib o'zgarishi bilan, ya'ni sistemaga qo'shilayotgan B moddaning miqdori o'zgarishi bilan o'zgarishini ko'rsatadi evtektik tarkib, evtektik harorat. $t_A E t_B$ - suyuqlik egrisi (likvidus), $A - A$ chizig' qattqlik egrisi (solidus) deyiladi. Suyuqlik chizig'idan yuqorida (1) faqat bir faza ko'rinishida bo'ladi.



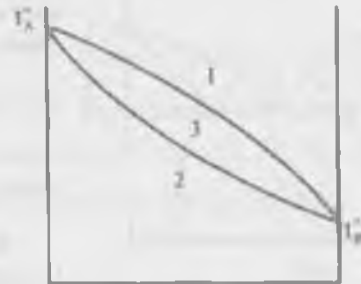
1 — 100%
 2 — 0 Tarkibi
 3 — 100% (B)liq diagramma

$N-N$



3.4-rasm. Birikma hosil qiluvchi sistemaning holat diagrammasi.

qattiqlik agrinidan pastda (4, 5) sohalarda faqat eritma bo'ladi. Bu oraliqdagi (2, 3) sohalarida sistema geterogen bo'lib, qattiq (eritma) (cho'kma) va eritmadan iborat: 2-da A cho'kma B ga nisbatan to'yinagan va B nisbatan to'yinmagan eritma va xuddi shunday 1-da B ga nisbatan to'yinagan, A ga nisbatan to'yinmagan eritma bo'ladi. F nuqtadagi eritmada A va B cho'kmalari hamda



A va B nisbatan to'yinagan eritma bo'ladi. Bu nuqtada $F=3$, $C=0$. Agar $N-N$ harorati biroz pasaytirilsa, evtektiv tarkib o'zgarmaydi va o'zgarmas haroratda eritmada qolgan hamma A, B cho'kmaga tushadi. $N-N$ chizig'idan yuqorida

3.5-rasm. Izomorf moddalarning holat diagrammasi:
 1 — suyuqlanma;
 2 — qattiq eritma;
 3 — geterogen soha (kristall va eritma).

turgan cho'kma - idiomorf va undan pastda turgan cho'kmalar - evtektiv cho'kma (kristall) deyiladi. 4-sohada A - idiomorf cho'kma va evtektiv aralashma (cho'kma) va 5-da B - idiomorf cho'kma va evtektiv aralashma (cho'kma holatida) bo'ladi.

a nuqtadagi eritma (suyuqlanma) sovitsa, b nuqta-da eritma A ga nisbatan to'yinadi va $b-e$ chizig'i bo'ylab modda kristall holda cho'kmaga tushadi. C nuqtada

1 mol ga nisbatan olish kerak va demak: $\Delta H = 887,644 \cdot 10^3 + 46$ bo'ladi.

$$\begin{aligned} \lg P_2 &= \lg P_1 + \frac{\Delta H}{2.3R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right) \\ &= \lg 0.721 \cdot 10^5 + \frac{887.044 \cdot 10^3 + 46(353 - 343)}{2.3 \cdot 8.314 \cdot 343 \cdot 353} = \\ &= 4,8755 \text{ va } P = 0,7509 \cdot 10^5 \text{ Pa.} \end{aligned}$$

4. Toluolning bug'l bosimi harorat bilan quyidagicha o'zgaradi:

$$\lg P = -\frac{2866.53}{T} - 6,71 \lg T + 20,775.$$

$T = 383,3$ K qaynash haroratidagi molar bug'lanish issiqligini aniqlang.

Yechish. Quyidagi tenglamadan:

$$\frac{d \ln P}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} = \frac{2,3 \cdot 2866,533}{T_x} - \frac{6,71}{T}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= 2,3R \cdot 2866,53 - 6,71 \cdot RT = 2,3 \cdot 8,314 \cdot 10^3 + 12866,53 \cdot \\ &\cdot 6,71 \cdot 8,31 \cdot 10^3 = 383,3 = 33,585 \cdot 10^6 \text{ J/kmol.} \end{aligned}$$

$$R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{grad yoki } 8,314 \cdot 10^3 \text{ J/kmol} \cdot \text{grad.}$$

5. Uglitrod (IV) sulfid (CS_2) suyuqligi orqali 40°C (313 K) va 720 mm sim. ust. ga teng bosimda $0,005$ m³ havo o'tkazilgan. Qancha CS_2 ajratib olish mumkinligini aniqlang. Normal sharoitda CS_2 ning $46,5^\circ$ ($319,5$ K) qaynash haroratida bug'lanish issiqligi $355,8$ J/g ga teng. CS_2 ning mol massasi $M = 76$.

Yechish. Oldin CS_2 ning parsial bosimini aniqlah, so'ng Klayperon tenglamasidan foydalanib n -mol soni va gramm bilan ifodalangan miqdori va keyin CS_2 ning 40°C dagi parsial bosimi aniqlanadi:

$$\lg \frac{P_1}{P_2} = \frac{\Delta H}{2.3R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right), \text{ bundan}$$

$$\lg P_1 = \lg P_2 - \frac{\Delta H}{2.3R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right) = \lg 760 - \frac{355,8 \cdot 76 \cdot 6,5}{2,3 \cdot 8,314 \cdot 313 \cdot 319,5} = 2,79$$

va $P_1 = 615$ mm sim. ust.

Solishtirma bug'lanish issiqligidan molar bug'lanish issiqligiga o'tish uchun ΔH qiymati CS_2 mol massasi — 76 ga ko'paytirildi.

Havoning parsial bosimi = $720 - 615 = 105$ mm sim. ust. ga teng.

Mayl – Mariott tenglamasidan havo aralashmasining hajmi aniqlanadi:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \text{ ya'ni } 0.005 \cdot 720 = V \cdot 105, \text{ bundan}$$
$$V = \frac{0.005 \cdot 720}{105} = 0.0343 \text{ m}^3$$

U hajmning miqdori **Klayperon** tenglamasidan foydalanib topiladi:

$$n = \frac{P_1 V}{RT} = \frac{615 \cdot 0.0343 \cdot 1.0133 \cdot 10^5}{760 \cdot 8.314 \cdot 313} = 1.16 \text{ mol},$$
$$p = 1.16 \cdot M_{CS_2} = 1.16 \cdot 76 = 88.5 \text{ g}.$$

6. Ruxning haydalish (*sublimatsiya*) issiqligi ΔH_h ni aniqlang.

6 da (*uchlanmchi nuqtada*) ruxning suyuqlanish issiqligi (ΔH_s) 6,908 kJ/mol ga teng.

Bug'lanish issiqligi (ΔH_b) harorat bilan quyidagicha bog'langan:

$$\Delta H_h = 133738,66 - 9,972 \cdot T \text{ J/mol}.$$

Yechish. Ma'lumki:

$$\Delta H_h = \Delta H_s + \Delta H_b.$$

Tenglama shartida ΔH_s — ma'lum. Demak, ΔH_h ni aniqlash uchun uni hisoblab topish kerak bo'ladi.

Yuqoridagi bog'lanishdan ΔH_b ning $T = 692,7 \text{ K}$ dagi qiymati topiladi:

$$\Delta H_b = 133738,66 - 9,972 \cdot 692,7 = 126,825 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}};$$

$$\Delta H_h = 126,825 + 6,908 = 133,73 \text{ kJ/mol}.$$

7. Suyuq ruxning bug' bosimi (*mm sim. ust. o'lchamida*) harorat bilan quyidagicha o'zgaradi:

$$\lg P = -\frac{6997}{T} - 1,2 \lg T + 12,247.$$

Ruxning suyuqlanish harorati 692,7 K da ruxning bug'lanish issiqligi ΔH_b ni aniqlang.

Yechish. 692,7 K da ruxning bug'lanish issiqligini aniqlash uchun (3.4) tenglamadan foydalaniladi:

$$\Delta H_b = \left(\frac{d \ln P}{dT} \right) RT^2.$$

Demak, avvalo ruxning bug' bosimi harorat bilan o'zgarishini ifoda qilgan tenglamada lg dan ln ga o'tish kerak:

$$\ln P = -\frac{6997 \cdot 2.3}{T} - 1.2 \ln T + 12.247 \cdot 2.3$$

Bu tenglamani differensiallab:

$$\frac{d \ln P}{dT} = \frac{6997 \cdot 2.3}{T^2} - \frac{1.2}{T}$$

topiladi va bunga ko'ra:

$$\Delta H_b = \frac{d \ln P}{dT} = \left(\frac{6997 \cdot 2.3}{T^2} - \frac{1.2}{T} \right) RT^2 = 6997 \cdot 2.3R - 1.2RT$$

ΔH_b 692,7 K haroratda aniqlanadi.

$$\Delta H_b = 6997,2 \cdot 2,3 \cdot 8,314 - 1,2 \cdot 8,314 \cdot 692,7 = 126,887 \text{ kJ/mol}$$

8. 298 K da α FeS ning β FeS ga o'tish fazoviy issiqlik effektini aniqlang.

$T_{m1} = 298$ K chegarasida $\Delta C = \text{const}$ deb qabul qiling. β FeS ning o'rtacha issiqlik effekti

$$S_{\beta} = 53,845 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

$$S_{\alpha} = 54,85 \text{ J/mol} \cdot \text{grad}; T_{\text{ayl}} = 411 \text{ K}$$

$$\Delta H_{f,298} = 4396,35 \text{ J/mol}$$

Yechish. Quyidagi tenglamaga muvofiq:

$$\Delta H_{f,298} = \Delta H_{f,411} + \Delta S(298 - T_{\text{ayl}})$$

$$\Delta C_p = C_b - C_a = 53,84 - 54,84 = -1,005 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

$$\text{va } \Delta H_{f,298} = 4396,35 - 1,005 \cdot (298 - 411) = 4509 \text{ J/mol}$$

9. 132,3°C da brombenzol (I) va xlorbenzolning to'yingan bug' bosimi mos ravishda 400 va 762 mm. simob ustuniga teng. Bu moddalar hir-birida cheksiz erib, ideal eritma hosil qiladi. Quyidagilar aniqlansin: 1) 760 mm sim bosimi ostida qaynovchi aralashmaning 132,3°C dagi tarkibi, 2) a) 1 mol% C_6H_5Cl va b) 1 mol% C_6H_5Br tutgan eritma ustidagi bug'ning tarkibi (mol soni hisobida); 3) turg'un haroratda haydash davomida suyuqlik tarkibi qanday o'zgaradi?

Yechish. 760 mm sim. ust. bosimida 132,3°C da qaynaydigan aralashma tarkibi (3.9) tenglamadan foydalanib topiladi, agar 1) - C_6H_5Br va 2 - C_6H_5Cl bo'lsa, $P = P_1^0 + N_2(P_2^0 - P_1^0)$ dan

$$N_2 = \frac{P - P_1^0}{P_2^0 - P_1^0} = \frac{760 - 400}{762 - 400} = 0.99\%$$

Demak,

$$N_2 = 99.4\%(-99), N_1 = 100 - 99.4 = 0.6(-0.1)mol\%$$

2) Moddalaming bug'dagi mol nisbatini Daltonning parsial bosimlar qonunidan foydalanib aniqlaymiz:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

Demak, buning uchun parsial bosimlarni aniqlash kerak. Bunda (3. 9) tenglamadan foydalaniladi:

$$P_1 = N_1 \cdot P_1^0 = 400 \cdot 0.99 = 396 \text{ mm sim. ust};$$

$$P_2 = N_2 \cdot P_2^0 = 762 \cdot 0.001 = 7.62 \text{ mm sim. ust};$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{7.62}{396} = 0.019$$

Demak, brombenzol xlorbenzoldan 0,019 marta kam yoki *xlor - benzol* C_6H_5Br dan 51,97 marta ko'p.

1) Aralashmada 1 mol % C_6H_5Cl bo'lganda bug' fazada mol sonlari nisbatini aniqlaymiz. Buning uchun yana parsial bosimlar hisoblab topiladi:

$P_1 = 400 \cdot 0,01 = 4 \text{ mm. sim. ust.}$ (N foizdan \rightarrow molar qismga aylantirilganda 100% \rightarrow 0,01).

$$P_2 = 762 \cdot 0.99 = 754 \text{ mm sim. ust.}$$

va

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{754.38}{4} = 188.6$$

Bug' fazada:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_2^0 \cdot N_2}{P_1^0 \cdot N_1} = 1.905 = \frac{N_2}{N_1}.$$

Demak, bug'da C_6H_5Cl ning mol soni C_6H_5Br ning mol soniga nisbatan (suyuqlikdagi nisbatga ko'ra) 1,905 marta ko'p. Shuning uchun qaynatish davom etgan sari suyuqlikda C_6H_5Br miqdori aralashmada molar qismi ko'paya boradi.

10. $T = 313\text{ K}$ haroratda benzol (C_6H_6) va dixlorektan $C_2H_4Cl_2$, larning to'yingan bug' bosimi mos ravishda 20328,3 va 20661,5 Pa ga teng. Eritma 0,3 mol benzol va 0,9 mol dixloretdan iborat. Eritma bilan muvozanatda turgan bug'ning tarkibini aniqlang.

Yechish. (3.10) tenglamaga muvofiq suyuqlik va bug' fazalar tarkibi quyidagicha bog'langan:

$$\left(\frac{1}{N_A^1} - 1\right) = \frac{p_B^0}{p_A^0} \left(\frac{1}{N_A} - 1\right).$$

N_A^1, N_1 — bug' va suyuqlik fazada A moddaning molar qismi. Agar $A - C_6H_6$ va $B - C_2H_4Cl_2$ deb belgilasak, bu tenglamani yechish uchun avvalo N_A suyuqlikdagi A moddaning molar qismini topish kerak:

$$N_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{0,3}{0,6 + 0,9} = \frac{0,3}{1,2} = 0,25$$

Demak:

$$\frac{1}{N_A^1} - 1 = \frac{p_B^0}{p_A^0} \left(\frac{1}{N_A} - 1\right) = \frac{206}{10328,85} \left(\frac{1}{0,25} - 1\right)$$

Agar bu tenglamadan N_A^1 ni topsak:

$$\frac{1}{N_A^1} = 1 + \frac{206}{10328,85} \left(\frac{1}{0,25} - 1\right) = 1 + 1,016 \cdot 3 = 4,049$$

$$\frac{1}{N_A^1} = \frac{1}{4,049} = 0,247.$$

Demak, bug' fazada benzolning molar qismi suyuqlikdagiga qaraganda kam bo'lar ekan.

11. Mol miqdori bilan 80% $(CH_3)_2CO$ va 20% CS_2 dan iborat aralashmadan 1 kg olib haydalgan. Bu eritma 40% $(CH_3)_2CO$ va 60% CS_2 dan iborat azeotrop aralashma beradi. Shu tarkibda bug'l egrisi minimumdan o'tadi (3.3-rasm). Qaysi modda va qancha miqdorda rektifikatsiyalanib (haydash) toza holda ajraladi?

Yechish. 1 kg sistemada qancha mol CS_2 va qancha mol $(CH_3)_2CO$ borligini

toplaymiz:
$$n_{as} \cdot M_{as} + n_{CS_2} M_{CS_2} = 100$$

$n_1 = 4n_2$ va bundan:
$$\Delta n_2 M_{as} + n_{CS_2} M_{CS_2} = 1000$$

$n_{CS_2} = 3.247 \text{ mol}; n_{(CH_3)_2CO} = 12.987.$

Systema tarkibi minimum nuqtadan o'ng tomonda bo'lganligidan toza holda faqat aseton ajraladi, CS_2 ning hammasi (3.247 mol) azeotrop aralashmada bo'ladi (azeotrop aralashmada mol hisobida CS_2 63% ni tashkil qiladi). Qolganini 37% aseton tashkil qiladi:

$3,247 \text{ mol} - 63\%$

37% $x = \frac{3,247 \cdot 30}{63} = 1.907$

Demak, 1,907 mol azeotropda $12,987 - 1,907 = 11,01 \text{ mol}$ aseton sof holda ajralib chiqadi yoki $11,01 \cdot M_{(CH_3)_2CO} = 11,01 \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 0,6386 \text{ kg}$ aseton qoladi.

12. Suv va toluol bir-hirida erimaydi. Toluol suv bug'i bilan haydaladi va ularning aralashmasi 358,3 K da qaynaydi. Shu haroratda toluolning bug' bosimi $4,800 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ va suvning bug' bosimi $6,200 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ga teng. 1 kg toluolni haydash uchun qancha suv kerak bo'ladi? Toluolning mol massasi $M = 92$ ga teng.

Yechish. (3.12) tenglamaga muvofiq:

$m_{H_2O} = 18 \cdot 6,20 \cdot 10^4 (4,800 \cdot 10^4 \cdot 92) = 0,253 \text{ kg}.$

13. $Mg(NO_3)_2$ ning suvdagi to'yingan eritmasi uchun erkinlik darajasini topiblang.

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

$C-K-\Phi+2-2-3+2-1$

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

14. Qotishma 40% Pb va 60% Sb lardan iborat. 783g qotishmada efitikagacha birikkan kristall ko'rinishida 423g qo'rg'oshin bor. Efitikaning tarkibini topiblang.

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

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

Evtektik qotishma massasi:

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

Shunday qilib, evtektika tarkibida 313,2 g Pb va 360-313,2=46,8 g Sb bor.

Evtektikaning % tarkibini aniqlaymiz:

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

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

15. 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 314,2K.

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

$$\text{Yechish: } \frac{dT}{dP} = \frac{T(V_s - V_l)}{\Delta H_{erish}}, \quad \Delta V = \frac{1}{d_s} - \frac{1}{d_l} = \frac{d_l - d_s}{d_s \cdot d_l}, \quad \text{lardan}$$

foydalanamiz.

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

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

Bosim $1,0132 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga oshganda harorat oshishi $4,254 \cdot 10^{-4} \text{ grad} \cdot \text{m}^2 / \text{n}$ ni tashkil etadi. Bosim 300 marta oshganda ya'ni $3,0396 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ da erish harorati o'zgarishi

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

$3,0396 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ bosimda erish harorati $T_{erish} = 314,2 + 1,93 = 316,13 \text{ K}$ ga teng.

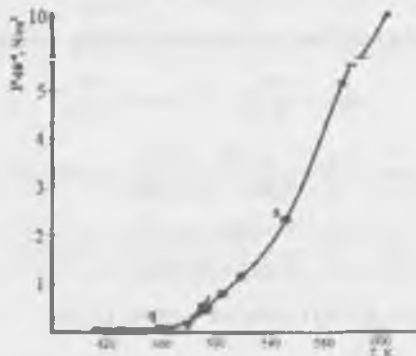
16. Molekulyar massasi M bo'lgan A moddaning to'yingan bug' bosimining haroratga bog'liqlik qiymatlari, qattiq va suyuq holatdagi zichliklari ($d_q, d_s, \text{kg/m}^3$) ma'lum bo'lsa, uchlama nuqtada:

- 1) $P=f(T)$ grafigi tuzilsin;
- 2) grafikdan uchlamchi nuqta koordinatalari aniqlansin;
- 3) $\lg P=f(1/T)$ grafigi tuzilsin;
- 4) grafikdan o'rtacha bug'lanish va haydash issiqligi aniqlansin;
- 5) uchlamchi nuqtada moddaning suyuqlanish issiqlik effekti aniqlansin;
- 6) suyuqlanish jarayoni uchun uchlamchi nuqta bo'yicha dT/dP aniqlansin;
- 7) bosim (P, Pa) ma'lum bo'lgan sharoitda moddaning suyuqlanish haroratini aniqlang.
- 8) quyidagi sharoitlarda sistemaning termodinamik erkinlik darajasi aniqlansin.

a) $T_{\text{uch nuq}}$, $P_{\text{uch nuq}}$ b) $T_{\text{a.q.h.}}$, $P=1 \text{ atm.}$ v) $T_{\text{a.q.h.}}$ va $P_{\text{uch nuq}}$

M	Qattiq holatda		Suyuq holatda		Sharoit
	T, K	$P, \text{N/m}^2$	T, K	$P, \text{N/m}^2$	
A	418,0	133,3	490,5	5332,0	$M=174$ $P=250 \cdot 10^4$ $d_{\text{q}}=954$ $d_{\text{suq}}=948$
	446,5	667,0	504,8	8020,0	
	460,0	1333,0	532,0	13300,0	
	474,9	2666,0	552,0	26660,0	
	490,5	5332,0	583,2	53320,0	
		612,0	101308,0		

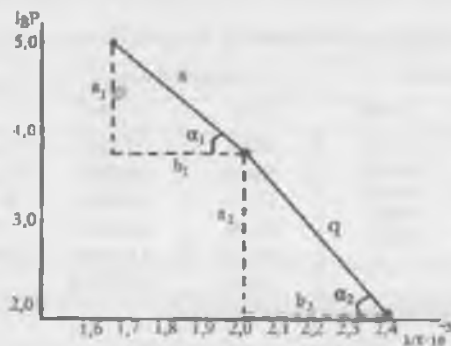
1) $P=f(T)$ grafigi quyidagi ko'rinishda tuziladi:



2) Grafikdan ko'rinadiki uchlamchi nuqtada harorat va bosimlarning qiymatlari quyidagicha bo'ladi: $T_{uch\ nuq} = 490,5\text{ K}$; $P_{uch\ nuq} = 5332\text{ N/m}^2$

3) Berilgan natijalar asosida P va $1/T$ qiymatlarini hisoblab, $\lg P = f(1/T)$ grafihi tuziladi

No	T, K	$1/T \cdot 10^3$	P, N/m ²	$\lg P$	Holat
1	418,0	2,392	133,3	2,1249	Qattiq
2	446,5	2,239	667,0	2,8241	
3	460,0	2,173	1333,0	3,1249	
4	474,9	2,105	2666,0	3,4259	
5	490,5	2,038	5332,0	3,7269	
6	490,5	2,038	5332,0	3,7269	
7	504,8	1,980	8020,0	3,9042	
8	532,0	1,912	13300,0	4,1249	
9	552,0	1,811	26660,0	4,4259	
10	583,2	1,714	53320,0	4,7269	
11	612,0	1,633	101308,0	5,0056	



4) Grafikdan o'rtacha bug'lanish va haydash issiqligi aniqlanadi:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\Delta H_{\text{bug}}}{2,3R} \quad \text{va} \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\Delta H_{\text{hay}}}{2,3R}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{a_1}{b_1} = \frac{4,7269 - 3,7269}{(2,038 - 1,714) \cdot 10^{-3}} = 3,086 \cdot 10^3$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{a_2}{b_2} = \frac{3,7269 - 2,1249}{(2,392 - 2,038) \cdot 10^{-3}} = 4,525 \cdot 10^3$$

$$\text{Bundan, } \Delta H_{\text{bug}} = 2,3 \cdot R \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = 2,3 \cdot 8,31 \cdot 3,086 \cdot 10^3 = 58,983 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{\text{hay}} = 2,3 \cdot R \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = 2,3 \cdot 8,31 \cdot 4,525 \cdot 10^3 = 86,487 \text{ kJ/mol}$$

5). Uchlamchi nuqtada moddaning suyuqlanish issiqlik effekti aniqlanadi:

$$\Delta H_{\text{top}} = \Delta H_{\text{top}} + \Delta H_{\text{top, suv}}.$$

Undan suyuqlanish issiqlik effektini aniqlaymiz,

$$\Delta H_{\text{top, suv}} = \Delta H_{\text{top}} - \Delta H_{\text{top}} = 86,487 - 58,983 = 27,504 \text{ kJ / mol}$$

6). *Klauzius-Klayperon* tenglamasi orqali $\frac{dT}{dP}$ qiymati hisoblanadi:

$$\frac{dT}{dP} = \frac{T_{\text{uch, suv}} \cdot \Delta V \cdot M}{\Delta H_{\text{top, suv}}} = \frac{490,5 \cdot 0,65 \cdot 10^{-3} \cdot 174}{27,504 \cdot 10^3} = 20,17 \cdot 10^{-5} \frac{\text{grad} \cdot \text{m}^2}{\text{N}}$$

bu yerda ΔV quyidagicha topiladi:

$$\Delta V = \frac{1}{d_s} - \frac{1}{d_l} = \frac{1}{948} - \frac{1}{954} = 1,0548 - 1,043 = 0,65 \cdot 10^{-5}$$

7). Berilgan ichki bosim ($P=250 \cdot 10^3$) orqali suyuqlanish haroratini aniqlash uchun quyidagi tenglama integrallanadi.

$$\int_{T_1}^{T_2} dT = 2,017 \cdot 10^{-4} \int_{P_1}^{P_2} dP \quad \text{va}$$

$$T_2 = T_{\text{uch, suv}} + \frac{dT}{dP} \cdot P_{\text{top}} = 490,5 + 20,17 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 10^3 = 994,75 \text{ K}$$

8). Birinchi shartdagi grafikdan foydalanib erkinlik darajalari aniqlanadi:

a) $P_{\text{uch, suv}}$ va $T_{\text{uch, suv}}$ uchun fazalar soni $F=3$ va sistemaning erkinlik darajasi $C=3-F=3-3=0$.

b) $T_{\text{uq, h}}$ va $P=1 \text{ atm}$ uchun fazalar soni $F=2$ va sistemaning erkinlik darajasi $C=3-F=3-2=1$.

v) $T_{\text{uq, h}}$ va $P_{\text{uch, suv}}$ uchun fazalar soni $F=1$ va sistemaning erkinlik darajasi $C=3-F=3-1=2$.

FAZALAR MUVOZANATINI AMALIY RAVISHDA MUSTAQIL IFODALASHGA DOIR MASALALAR

1. Quyidagi muvozanatda turgan sistemalar uchun erkinlik darajasi sonini aniqlang.

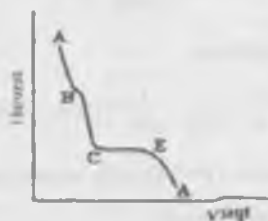


B) $Na_2SO_4(\text{eritma}) \Leftrightarrow \text{muz} \Leftrightarrow \text{suv bug'i}$

V) $Na_2SO_4(\text{eritma}) \Leftrightarrow \text{muz} \Leftrightarrow Na_2SO_4 \cdot 10H_2O(\text{qattiq}) \Leftrightarrow \text{suv bug'i}$

2. Qotishma 24% Cd va 76% Bi dan iborat. Ikg qotishmada eutektika bilan 40g kadmiy kristallari bor. Eutektikaning tarkibini massa ulushlarda aniqlang.

3. Quyidagi aralashmaning sovush grafigidan AB, BC, CE va EA sohalar bo'yicha erkinlik darajasi sonini toping.



4. 97°C da suv bug'ining bosimi 90919 Pa, 103°C da 112651,8 Pa. 107°C da suv bug'i bosimini hisoblang.

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

5. Dietil efir to'yingan bug'i bosimining o'zgarishi dP/dT $307,9\text{K}$ da, ya'ni normal qaynash haroratida $3,58 \cdot 10^3 \text{ Pa grad}$. Bug'lanish issiqligini hisoblang.

6. Rombik oltingugurt ititish natijasida $1,0133 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda va $96,7^\circ\text{C}$ da monoklinik tuzilishdagi oltingugurtga $0,0000138 \text{ m}^3/\text{kg}$ hajm o'zgarishi bilan o'tadi. O'tish haroratining bosim bo'yicha o'zgarishi quyidagi koeffitsiyent orqali ifodalanadi:

$$\frac{dT}{dP} = 3,2567 \cdot 10^{-7} \text{ grad} \cdot \text{m}^2/\text{N}$$

Shu jarayonning o'tish issiqlik effektini toping.

7. Harorat $90,67 \text{ K}$ da metanning suyuqlanish issiqligini hisoblang. Bunda suyuqlanish haroratining $101,33 - 20266 \text{ kN/m}^2$ bosim oralig'idagi bog'lanishi quyidagicha ifodalanadi:

$$T_{\text{suyuq}} = 90,667 + 2,6 \cdot 10^{-7} \cdot P - 6,147 \cdot 10^{-16} \cdot P^2$$

Suyuqlanish vaqtidagi hajm o'zgarishi $2,69 \text{ sm}^3/\text{mol}$ ga teng.

8. Metanol $\Delta H_{\text{bug'}}$ harorat bilan quyidagi tenglamaga muvofiq o'zgaradi:

$$\frac{\Delta H_{\text{bug'}}}{T} = 1115,873 - 173,636 T \ln J / \text{mol} \cdot \text{grad}.$$

Agar $64,7^\circ\text{C}$ da bosim 1 mm sim. ust. ga o'zgarsa, uning qaynash harorati qanchaga o'zgaradi?

9. Qalayning suyuqlanish issiqligi $59,413 \text{ J/g}$, suyuqlanish harorati 232°C , zichligi $7,18 \text{ g/sm}^3$, $3,2567 \cdot 10^{-8} \text{ grad} \cdot \text{m}^3/\text{N}$ ga teng. 10 kg qalay suyuqlangandagi hajm o'zgarishini toping.

10. A va B moddalarning 323 K dagi bug' bosimlari mos ravishda $4,666 \cdot 10^4$ va $10,132 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ (350 va 760 mm sim. ust.) ga teng. A moddadan $0,5 \text{ kmol}$, B moddadan $0,7 \text{ kmol}$ miqdorda aralastirib, hosil qilingan eritma bilan muvozanatda bo'lgan bug'ning tarkibini hisoblang. Eritmani ideal eritma deb hisoblang.

11. Bir-birida aralashmaydigan dietilanilin va suvdan iborat sistema ustidagi bug' hosimi $372,4 \text{ K}$ da $10,132 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ (760 mm sim. ust.) ga teng. Shu haroratda suv bug'i bosimi $9,919 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ (744 mm sim. ust.), $0,1 \text{ kg}$ dietilanilinni haydash uchun qancha suv bug'i kerak bo'ladi?

12. Brombenzol suv bug'i bilan $368,3 \text{ K}$ da haydalganida bosim $10,132 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ (760 mm sim. ust.) qiymatga ega. Brombenzol suvda umuman erimaydi. Shu haroratda suv va brombenzolning parsial bug' bosimlari mos ravishda $8,519 \cdot 10^4$ va $1,613 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ (639 va 121 mm sim. ust.) ga teng. 1 kg suv bilan qancha miqdorda brombenzol haydalanishini toping.

13. Suyuq simobning suyuqlanish issiqligi ($234,3 \text{ K}$ da) $11,8 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$, zichligi $11,690 \text{ kg/m}^3$ ($13,69 \text{ g/sm}^3$), qattiq simobning zichligi 14193 kg/m^3 ($14,193 \text{ g/sm}^3$). $235,33 \text{ K}$ da suyuqlanishdagi bosimni hisoblang.

14. Miqdori 1 kg bo'lgan TiCl_4 ni 298°C dan 423 K gacha qizdirishdagi issiqlik miqdorini toping. Issiqlik sig'irlari $C_{r,q} = 156,9$; $C_{r,s} = 95,69$, suyuq holdagi TiCl_4 bug' bosimining harorat bo'yicha bog'lanishi quyidagiga teng:

$$\lg P = 8,56 - \frac{1450}{T}$$

14. Bosim $1,0132 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ (1 atm) bo'lganida xlorning bug'lanish issiqligini hisoblang. To'yingan bug' bosimining (N/m^2) suyuq xlor harorati bo'yicha bog'lanishi quyidagiga teng:

$$P = 3,58 \cdot 10^6 - 3,37 \cdot 10^4 + 80,11 \cdot T^2$$

15. Freonning (CCl_2F_2) to'yingan bug' bosimining harorat bo'yicha o'zgarishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\lg P = 34,5 - \frac{2406,1}{T} - 9,26 \cdot \lg T + 0,0037 T.$$

298 K da 1 mol freonning to'yingan bug' bosimi, $\Delta H_{\text{bug'}}$, va ΔD , ΔG , ΔC_p ni aniqlang.

16. Harorat 272 K da suv bug'i va muz bosimlari farqini tuping. Muzning suyuqlanish issiqligi $T = 273,16 \text{ K}$ da $3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ (79,8 kal/g), $P_{\text{muz}} = P_{\text{suv}} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ (4,579 mm sim. ust.).

17. Naftalin $T = 353,3$ haroratda suyuqlanadi. Shu haroratda suyuqlanish issiqligi $147,639 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$ ga teng. Solishtirma hajm farqi $\Delta V = V_g - V_l = 0,146 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ ga teng. Bosim $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga o'zgarganda suyuqlanish harorati qanchuga o'zgaradi?

18. Sinil kislota bug' bosimining harorat bo'yicha o'zgarishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\lg P = 9,16 - \frac{1237}{T}$$

T_{normal} qaynash temperaturasi 299 K ga teng.

$P = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bo'lgandagi bug'lanish issiqligini toping.

19. Etil spiriting bug'lanish issiqligi $A = 887,644 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$, $T_1 = 343 \text{ K}$ haroratda to'yingan bug' bosimi $P_1 = 0,721 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga teng. $T_2 = 353 \text{ K}$ da uning bug' bosimi qanchaga teng boiadi?

20. Qattiq va suyuq holdagi qalayning 505,1 K suyuqlanish haroratida zichliklari mos ravishda 6,988 va 7,184 g/sm^3 ga teng. Qalay — $\Delta H_{\text{bug'}}$ = 7064,2 J/mol. Bosim $1,01333 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ da qalayning suyuqlanish haroratini aniqlang.

21. Metil spirtning 293,2 K haroratda hugl bosimi $125,3 \cdot 10^2$ Pa ga teng, 310,2 K haroratda esa $345,76 \cdot 10^2$ Pa ga teng. Shu haroratlar chegarasida metil spirtning o'rtacha buglanish issiqligini toping.

22. Toluolning to'yingan bug' bosimi harorat bilan quyidagi tenglamaga muvofiq o'zgaradi:

$$\lg P = -\frac{2866.53}{T} - 0.711 \lg T + 29.775.$$

Qaynash harorati $T = 383,30$ K dagi molar bug'lanish issiqligini aniqlang.

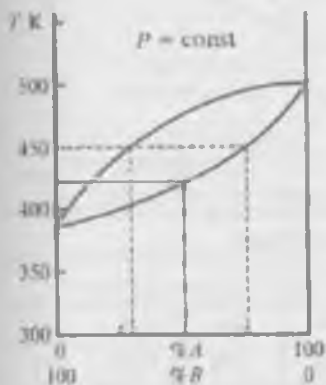
23. CCl_4 bug' bosimi harorat bilan quyidagicha o'zgaradi:

$\lg P = 45812,8 - 44,01 \cdot T$. Suyuq CCl_4 $1,0133 \cdot 10^5$ Pa bosimda T K haroratda qaynaydi. CCl_4 ning 333,2 K dagi bug' bosimi qanchaga teng?

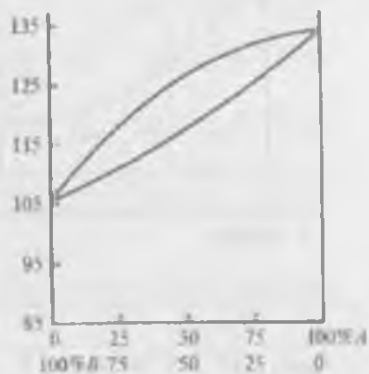
24. 3.8-rasmda «tarkib — qaynash harorati» bo'yicha bir- birida cheksiz aralashadigan suyuqliklar holat diagrammasi keltirilgan. Harorat 450 K bo'lganida muvozanatdagi fazalar tarkibi va tarkibida 50% A modda tutgan suyuqlikning muhlang'ich qaynash haroratini toping.

25. 3.9-rasmda keltirilgan diagrammadan foydalanib aralashma tarkibi 80 g A moddadan, 120 g B moddadan iborat bo'lganida

$t^{\circ}\text{C}$



3. 8-rasm.



3. 9-rasm.

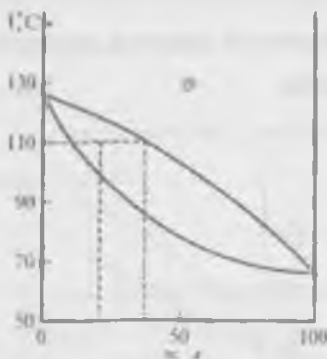
uning qaynash haroratini, shunday suyuqlik tarkibi bilan muvozanatda turgan bug' faza tarkibini toping.

26. Benzol va toluol aralashmalari ideal eritma bo'lib hisoblanadi. $80,1^{\circ}\text{C}$ haroratda toza benzolning to'yingan bug' bosimi $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, toza toluolniki $0,4776 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga teng. Tarkibida massasi bo'yicha 20% benzoli bor eritma bilan $80,1^{\circ}\text{C}$ da muvozanatda turgan bug'ning tarkibini aniqlang.

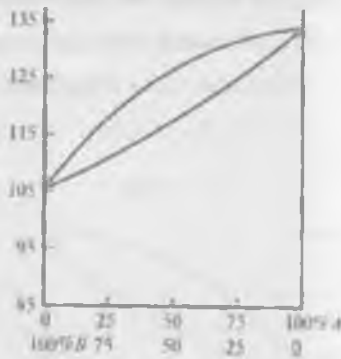
27. 3.10 -rasmda binar eritma holat diagrammasi keltirilgan. Tarkibida 160 g B modda, 40 g A modda aralashishidan olingan eritmadan 110°C haroratda suyuq faza qolmasligi uchun aralashmaga A moddadan yana qancha qo'shish kerak bo'ladi?

28. 3.11-rasmda tarkibida 30 g A, 170 g B moddasi bor eritma holat diagrammasi berilgan. Shu eritmaning boshlang'ich qaynash harorati, bug' faza tarkibini aniqlang.

29. Tajriba asosida aseton va xloroformdan iborat ikki komponentli sistema uchun $308,2 \text{ K}$ haroratda, tarkib bilan parsial bosim bo'yicha quyidagi natijalar olindi:



3.10-rasm.



3.11-rasm.

$N_{\text{CHCl}_3} \dots$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
$P_{\text{CHCl}_3} \cdot 10^{-4}, N/m^2 \dots$	0	4.453	1.09	1.98	3.00	3.91
$P_{(\text{CH}_3)_2\text{CO}} \cdot 10^{-4}, N/m^2 \dots$	4.59	3.60	2.44	1.96	0.56	0

Ushu qiymatlar asosida sistemaning holat diagrammasini chizing va $T = 308,26$ K haroratda tarkibida 50% CHCl_3 bor eritma qanday bosimda qaynay boshlashini aniqlang.

30. Tarkibida 0,5 kmol benzol va 0,5 kmol toluol bor eritma ustidagi bug' faza tarkibini toping. Ular uchun to'yingan bug' bosimlarining harorat bo'yicha bog'lanishi quyidagicha:

$T, K \dots$	330	350	380	420
$P_{C_6H_6} \cdot 10^{-4}, N/m^2 \dots$	5.2	9.2	21.3	55.5
$P_{C_6H_5CH_3} \cdot 10^{-4}, N/m^2 \dots$	1.6	3.8	9.3	25.8

31. 0,1 kg naftalinni normal bosimda suv bug'i bilan haydash uchun qancha miqdorda suv bug'i kerak bo'ladi? Qaysi haroratda qaynash sodir bo'ladi? Amalda qaynash suvda erimaydi. Hisoblashlar uchun $P = f(T)$ bog'lanishning quyidagi natijalaridan foydalaning:

$T, K \dots$	368	369	370	371	373
$P_{H_2O} \cdot 10^{-4}, N/m^2 \dots$	8.45	8.77	9.10	9.43	10.13
$P_{C_{10}H_8} \cdot 10^{-4}, N/m^2 \dots$	0.20	0.21	0.22	0.23	0.26

32. Cu-Ni sistemasini sovitish natijasida olingan quyidagi qiymatlar asosida «tarkib - suyuqlanish harorati» holat diagrammasini chizing:

$Ni, \text{og'ir} \%$	0	20	40	60	80	100
$T, \text{kristallanishning boshlanishi}, K$	1055	958	837	688	631	1728
$T, \text{kristallanishning tugashi}, K$	1055	984	584	584	584	1728

Tarkibida 30% Ni bor aralashma: 1) kristallanishning boshlanish haroratini;

2) qattiq eritmadan hosil bo'lgan birinchi kristallning tarkibini;

3) 0,24 kg shunday sistema 1470 K. gacha sovitilganida suyuq va qattiq holdagi Ni miqdorini;

4) oxirgi suyuqlik tomchisining qotish haroratini;

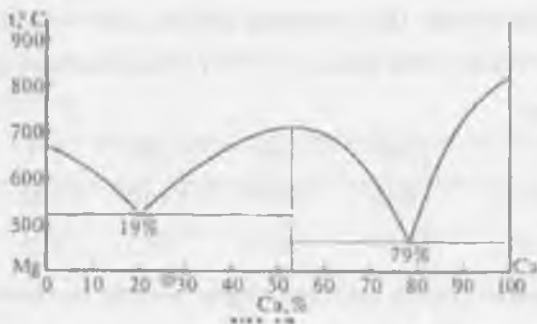
5) suyuqlikning oxirgi tomchisi tarkibini aniqlang.

33. $\text{AgCl} - \text{KCl}$ sistemasini sovitish natijasida quyidagi qiymatlar olingan:

AgCl, og'ir %	0	20	40	60	80	100
T, kristallanishning hoshlanishi, K.	1055	958	837	688	631	728
T, kristallanishning tugashi, K.	1055	984	584	584	584	728

Shu sistemaning «tarkib-suyuqlanish harorati» bo'yicha holat diagrammasini chizing. Suyuqlanish haroratini 650 K gacha pasaytirish uchun 1,7 kg AgCl ga qancha miqdorda KCl qo'shish kerakligini toping.

34. 3.12-rasmda Ca-Mg sistemasining suyuqlanish diagrammasi berilgan. Hosil bo'lgan kimyoviy birikmaning formulasini toping. Evtektika tarkibini atom foizda ifoda qiling.



3.12-rasm

KO'P VARIANTLI MASALALAR

A moddadan iborat qattiq va suyuq holatdagi sistema to'yingan bug' bosimining haroratga bog'liqlik o'zgarishlari qiymatlari asosida quyidagilar:

- 1) $P=f(T)$ grafigi tuzilsin;
- 2) grafikdan uchlamchi nuqta koordinatalari aniqlansin;
- 3) $\lg P=f(1/T)$ grafigi tuzilsin;
- 4) grafikdan o'rtacha bug'lanish va haydash issiqligi aniqlansin;
- 5) uchlamchi nuqtada moddaning suyuqlanish issiqlik effekti aniqlansin;
- 6) suyuqlanish jarayoni uchun uchlamchi nuqta bo'yicha dT/dP aniqlansin;

7). bosim (P , Pa) ma'lum bo'lganda, moddaning suyuqlanish haroratini aniqlang.

8). quyidagi sharoitlarda sistemaning termodinamik erkinlik darajasi aniqlansin.

a) $T_{uch.naq}$, $P_{uch.naq}$ b) T_{toq} , $P=1$ atm.

Ispislovchi sharoit	Qiziq holatda		Soyuq holatda		Sharoiti
	T, K	$P, N/m^2$	T, K	$P, N/m^2$	
1	268,2	401,2	269,2	505	$M=18$ $P=10,5 \cdot 10^5$ $d_{qiziq}=918$ $d_{soyuq}=1000$
	269,2	437,2	271,2	533	
	270,2	475,9	273,9	573	
	271,2	517,2	275,2	656	
	272,2	553,2	278,2	760	
			299,2	1600	
2	248	7998	261	23300	$M=27$ $P=100 \cdot 10^5$ $d_{qiziq}=718$ $d_{soyuq}=709$
	254,4	13300	265	27190	
	258	17995	270	31860	
	259	19995	278	40290	
	260	23327	280	40555	
		282	47990		
3	196	101325	212	592751	$M=44$ $P=750 \cdot 10^5$ $d_{qiziq}=1542$ $d_{soyuq}=1510$
	203	190491	220	648480	
	213	402360	223	674824	
	220	648480	241	1065237	
			242	1131722	
4	230	26260	236	63315	$M=52$ $P=350 \cdot 10^5$ $d_{qiziq}=3010$ $d_{soyuq}=2955$
	233	31458	246	78647	
	237	39990	248	83979	
	240	49987	249	86645	
	243	58518	251	96942	
	66650	252	100508		
5	183,2	333,3	201	4665,5	$M=64$ $P=1000 \cdot 10^5$ $d_{qiziq}=1600$ $d_{soyuq}=1560$
	188,0	586,5	204	535	
	196,0	1850	214	7198	
	199,2	3000	219	7998	
	203,7	5305	230,2	13328	
			233	21728	
6	177,3	15996	180	26600	$M=81$ $P=300 \cdot 10^5$ $d_{qiziq}=1625$ $d_{soyuq}=1610$
	180	19995	185,5	32992	
	182	23994	188	37057	
	184	28659	191	43456	
	185,5	31992	194	51987	
		197	59985		

7	353,2	39,99	363,2	186,6	M=122 P=850*10 ⁵ d _{qm} =1105 d _{max} =1095
	363,2	79,99	393,2	679,8	
	373,2	186,6	395,2	733,1	
	383,2	393,2	400,7	973,1	
	393,2	679,8	403,7	1133	
		408,7	1399,6		
8	223,2	133,3	244,2	1299	M=154 P=6,08*10 ⁵ d _{qm} =1680 d _{max} =1650
	237,2	466,5	253,2	1319	
	246,2	799,8	270,1	2465	
	252,2	1213	286,5	3865	
	253,2	1319	292,2	4398	
		303,2	7664		
9	268,2	401,2	269,2	505	M=122 P=850*10 ⁵ d _{qm} =1105 d _{max} =1095
	269,2	437,2	271,2	533	
	270,2	475,9	273,9	573	
	271,2	517,2	275,2	656	
	272,2	553,2	278,2	760	
		299,2	1600		
10	248	7998	260	23300	M=154 P=6,08*10 ⁵ d _{qm} =1680 d _{max} =1650
	254,4	13300	265	27190	
	258	17995	270	31860	
	259	19995	278	40290	
	260	23327	280	40555	
		282	47990		
11	196	101325	212	592751	M=18 P=40,5*10 ⁵ d _{qm} =918 d _{max} =1000
	203	190491	220	648480	
	213	402360	223	674824	
	220	648480	241	1065237	
			242	1131722	
12	230	26260	236	63315	M=27 P=800*10 ⁵ d _{qm} =718 d _{max} =709
	233	31458	246	78647	
	237	39990	248	83979	
	240	49987	249	86645	
	243	58518	251	96942	
		252	100508		
13	183,2	333,3	201	4665,5	M=44 P=750*10 ⁵ d _{qm} =1542 d _{max} =1510
	188,0	586,5	204	535	
	196,0	1850	214	7198	
	199,2	3000	219	7998	
	203,7	5305	230,2	13328	
		233	21728		

14	177,3	15996	180	26600	M=52 P=350*10 ⁵ d _{qm} =3010 d _{max} =2955
	180	19995	185,5	32992	
	182	23994	188	37057	
	184	28659	191	43456	
	185,5	31992	194	51987	
		197	59985		
15	353,2	39,99	363,2	186,6	M=122 P=850*10 ⁵ d _{qm} =1105 d _{max} =1095
	363,2	79,99	393,2	679,8	
	373,2	186,6	395,2	733,1	
	383,2	393,2	400,7	973,1	
	393,2	679,8	403,7	1133	
		408,7	1399,6		
16	223,2	133,3	244,2	1299	M=154 P=6,08*10 ⁵ d _{qm} =1680 d _{max} =1650
	237,2	466,5	253,2	1319	
	246,2	799,8	270,1	2465	
	252,2	1213	286,5	3865	
	253,2	1319	292,2	4398	
		303,2	7664		
17	268,2	401,2	269,2	505	M=18 P=40,5*10 ⁵ d _{qm} =918 d _{max} =1000
	269,2	437,2	271,2	533	
	270,2	475,9	273,9	573	
	271,2	517,2	275,2	656	
	272,2	553,2	278,2	760	
		299,2	1600		
18	248	7998	260	23300	M=27 P=800*10 ⁵ d _{qm} =718 d _{max} =709
	254,4	13300	265	27190	
	258	17995	270	31860	
	259	19995	278	40290	
	260	23327	280	40555	
		282	47990		
19	196	101325	212	592751	M=44 P=750*10 ⁵ d _{qm} =1542 d _{max} =1510
	203	190491	220	648480	
	213	402360	223	674824	
	220	648480	241	1065237	
			241	1065237	

			242	1131723	
20	90	26260	236	63315	
	93	31458	246	78647	M=52
	97	39990	248	83979	P=350*10 ⁵
	10	49987	249	86645	d _{opt} =3010
	23	58518	251	96942	d _{max,opt} =2955
	26	66650	252	100508	
21	18,2	333,3	201	4665,5	
	18,0	586,5	204	535	M=64
	19,0	1850	214	7198	P=1000*10 ¹
	19,2	3000	219	7998	d _{opt} =1600
	20,7	5305	230,2	13328	d _{max,opt} =1560
			233	21728	
22	177,3	15996	180	26600	
	180	19995	185,5	32992	M=122
	181	23994	188	37057	P=850*10 ⁵
	184	28659	191	43456	d _{opt} =1105
	185,1	31992	194	51987	d _{max,opt} =1095
			197	59985	
23	353,1	39,99	363,2	186,6	
	363,2	79,99	393,2	679,8	M=154
	373,2	186,6	395,2	733,1	P=6,08*10 ⁵
	383,2	393,2	400,7	973,1	d _{opt} =1680
	393,2	679,8	403,7	1133	d _{max,opt} =1650
			408,7	1399,6	
24	223,2	133,3	244,2	1299	
	237,2	466,5	253,2	1319	M=122
	246,2	799,8	270,1	2465	P=850*10 ⁵
	252,2	1213	286,5	3865	d _{opt} =1105
	253,2	1319	292,2	4398	d _{max,opt} =1095
			303,2	7664	
25	268,2	401,2	269,2	505	
	269,2	437,2	271,2	533	M=100
	270,2	475,9	273,9	573	P=950*10 ⁵
	271,2	517,2	275,2	656	d _{opt} =1100
	272,2	553,2	278,2	760	d _{max,opt} =1100
			299,2	1600	

26	248	7998	260	23300	M=160 P=600*10 ⁵ d _{opt} =1780 d _{max} =1750
	254,4	13300	265	27190	
	258	17995	270	31860	
	259	19995	278	40290	
	260	23327	280	40555	
			282	47990	

MASALALARNI AMALIY YECHISHGA TEGISHLI FIZIK-KIMYOVIY KATTALIKLAR MA'LUMOTNOMASI

1.1 To'yingan suv bug'i, muz va sovutilgan suvning turli haroratlardagi
tekmillari¹¹

3.1-jadval

t, °C	P		t, °C	P	
	N/m ²	mm simob ust		kN/m ²	atm
Suv					
0,0	610,48	4,579	100	101,33	1,000
5,0	872,33	6,543	110	143,27	1,410
10,0	1227,80	9,209	120	198,54	1,960
15,0	1704,90	12,790	130	270,11	2,670
20,0	2337,80	17,540	140	361,37	3,570
25,0	3167,20	23,760	150	476,01	4,700
30,0	4245,20	31,840	160	618,02	6,100
35,0	5622,90	42,180	170	791,99	7,820
40,0	7375,90	55,320	180	1002,70	9,900
45,0	9583,20	71,880	190	1255,30	12,390
50,0	12334,00	92,510	200	1555,00	15,350
55,0	15,74	118,000	220	2320,20	22,900
60,0	19916,00	149,400	240	3348,00	33,040
65,0	25003,00	187,500	260	4694,40	46,330
70,0	31157,00	233,700	280	6419,40	63,350
75,0	38544,00	289,100	300	8591,60	84,790
80,0	47343,00	355,100	320	11290,00	111,400

85,0	57809,00	433,600	340	14608,00	144,200
90,0	70101,00	525,800	360	18674,00	184,300
95,0	84513,00	633,900	370	21053,00	207,800
100,0	101325,00	760,000	374,2	22087,00	218,300

t, °C	P			
	N/m ²	mm simob ust.	N/m ²	mm simob ust.
	<i>Muz</i>		<i>Sovutilgan suv</i>	
0	610	4,579	610	4,579
-1	562	4,216	568	4,256
-2	517	3,879	527	3,952
-3	475	3,566	489	3,669
-4	436	3,276	454	3,404
-5	401	3,008	421	3,158
-10	259	1,946	286	2,143
-20	103	0,772	-	-
-30	37,3	0,280	-	-
-40	12,3	0,093	-	-
-50	3,9	0,029	-	-
-60	0,93	0,007	-	-

3.2. Turli temperaturalarda kristallogidratlar ustida bosil bo'luvchi bug' bosimi

3.2.-jadval

Kristallogidratlar ustida bosil bo'lish reaksiyasi	t, °C	P	
		kN/m ²	mm simob ust.
$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{BaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} (\text{g.})$	20	0,447	3,35
	25	0,680	5,10
	30	1,007	7,55
	35	1,487	11,15
$\text{BaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} (\text{g.})$	65	0,613	4,6
	70	0,987	7,4
	75	1,373	10,3
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g.})$	15	0,425	3,19
	20	0,647	4,85
	25	0,980	7,35
	30	1,437	10,78
	35	2,077	15,58
$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} (\text{g.})$	25	0,747	5,6
	30	1,093	8,2
	35	1,560	11,7
	40	2,120	15,9
	50	4,053	30,4
	60	7,666	57,5
	70	14,00	105
	80	24,00	183
$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} (\text{g.})$	100	0,827	6,2
	110	1,507	11,3
	120	2,906	21,8
	130	4,986	37,4
	140	8,079	60,6

$MgSO_4 \cdot 7H_2O \leftrightarrow MgSO_4 \cdot 6H_2O + H_2O (g.)$	15	0,653	4,90
	20	1,003	7,52
	25	1,533	11,50
$Na_2SO_4 \cdot 7H_2O \leftrightarrow Na_2SO_4 + 7H_2O (g.)$	30	2,256	16,92
	15	1,168	8,76
	20	1,732	12,99
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O \leftrightarrow Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O + 5H_2O (g.)$	25	2,560	19,20
	30	3,606	27,05
	20	1,200	9,00
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O \leftrightarrow ZnSO_4 \cdot 6H_2O + H_2O (g.)$	25	1,936	14,52
	30	2,860	21,45
	20	1,296	9,72

3.3. Termodinamik kattaliklarni hisoblash uchun empirik ma'lumotlar va bog'liqliklar

I. Issiqlik sig'imi

Qattiq va suyuq kimyoviy moddalar uchun:

$$C_p = \sum C_i n_i \frac{1}{mol} \cdot grad \text{ yoki } kal/mol \cdot grad$$

bu yerda, n_i - molekuladagi atomlar soni;
 C_i - atomning issiqlik sig'imi.

3.3-jadval

Issiqlik sig'imi	Kimyoviy elementlar										Qolganlari
	C	H	N	B	Be	O	Si	F	S	P	
<i>Qattiq holdagi moddalar uchun C_i</i>											
J	7,53	9,62	11,30	11,72	15,90	16,74	20,08	20,92	22,59	23,01	25,94- 26,78
kal	1,8	2,3	2,7	2,7	2,8	4,0	4,8	5,0	5,4	5,5	6,2-6,4
<i>Suyuq holdagi moddalar uchun C_i</i>											
J	11,72	17,99	-	19,66	-	25,10	24,27	29,29	30,96	29,29	33,47
kal	2,8	4,3	-	4,7	-	6,0	5,8	7,0	7,4	7,0	8,0

Aralashmalar uchun: $c = \frac{g_1 C_1 + g_2 C_2}{100} \left[\frac{J}{g} \cdot grad \text{ yoki } kal/g \cdot grad \right]$

bu yerda, g_1, g_2, \dots - massa ulushi, %
 C_1, C_2, \dots - ularning solishtirma issiqlik sig'imi.

3.4. Gaz holdagi organik birikmalarning yonish issiqliklari

$$\Delta H_{\text{yotish}} = -(204,2n + 44,4m + \Sigma x) \text{ kJ/mol}$$

yoki

$$\Delta H_{\text{yotish}} = -(48,8n + 10,6m + \Sigma x) \text{ kkal/mol}$$

bu yerda, n - moddaning to'liq yonishi uchun kerak bo'lgan kislorod atomlari soni;
 m - ajraladigan suvning mollar soni; x - moddaning strukturasiidan kelib chiqadigan
 termik xarakterlovchi koeffitsiyent.

Misol. $C_6H_5CH=CHCHO$ berilgan. Ushbu moddaning yonish issiqligi aniqlansin.

Termik xarakterlovchi koeffitsiyentni hisoblaymiz:

Fenil guruhi.....24

Qo'shbog'.....21

Aldegid guruhi.....18

Jami: $x=63$ kkal/mol

Yonish tenglamasi:



$n=21$; $m=4$.

$$\Delta H_{\text{yotish}} = -(48,8 \cdot 21 + 10,6 \cdot 4 + 63) = -1130,2 \text{ kkal/mol}$$

Adabiyotlarga ko'ra, ushbu moddaning yonish issiqligi $\Delta H_{\text{yotish}} = -1130,0$ kkal/mol

Termik tasnifi son qiymatlari

3.4-jadval

Atomlar guruhi yoki kimyoviy bog' turi	Termik tasnifi, x	
	kJ/mol	kkal/mol
Oddiy bog' C-C	0	0
Qo'shbog' C-C	87,9	21
Uchbog' C=C	213,4	51
Fenil guruhi R-C ₆ H ₅	100,4	24
Spiri guruhi R-CH ₂ OH	50,2	12
Oddiy efirlar R-O-R	87,9	21
Aldegid guruh R-CHO	75,3	18
Ketoguruh R-CO-R	50,2	12
Bir asosli kislotalada kislota guruhi R-COOH	0	0
Ikki asosli kislotaladagi kislota guruhi HOOC-R-COOH	12,6	3
Alkil siklogeksanlar R-C ₆ H ₁₂	0	0
Alkil siklopentanlar R-C ₅ H ₁₀	25,1	6

qattiq suyuqliklarni normal qaynash temperaturasidagi ($P=101,32 \text{ kPa}$)
hug'lanish issiqliklari

$$\frac{\lambda_{\text{hug'lanish}}}{T_{\text{qaynash}}} = 36,61 + 19,14 \lg T_{\text{qaynash}} \left[\frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad} \right] = 8,75 + 4,575 \lg T_{\text{qaynash}} \left[\frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad} \right]$$

$$\frac{\lambda_{\text{hug'lanish}}}{T_{\text{qaynash}}} \approx 89,12 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad} \approx 21,3 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

IV. Suyuqlanish harorati

Tabiiy moddalar:

$$\frac{\lambda_{\text{suyuqlanish}}}{T_{\text{suyuqlanish}}} = 10,5 \pm 2,1 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad} = 2,5 \pm 0,5 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

Kimyoviy birliklar:

$$\frac{\lambda_{\text{suyuqlanish}}}{T_{\text{suyuqlanish}}} = 25,1 \pm 4,2 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad} = 6 \pm 1 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

Organik birliklar:

$$\frac{\lambda_{\text{suyuqlanish}}}{T_{\text{suyuqlanish}}} = 54,4 \pm 12,6 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad} = 13 \pm 3 \frac{\text{kal}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}$$

4 - BOB. NOELEKTROLIT ERITMALAR

Biror modda ichida boshqa bir moddaning ma'lum darajada maydalangan zarrachalar holida taqsimlanishi natijasida hosil bo'lgan sistema dispers sistema deyiladi. Bunda maydalangan holda taqsimlangan modda dispers faza (yoki faza) deb bu moddani taqsimlanishini ta'minlovchi (*uni o'rab olgan*) modda (joy) esa dispers muhit (yoki muhit) deb ataladi.

Eritmalarni ham dispers sistemalar deb qarash mumkin. Agar dispers fazaning zarrachalarining o'lchami 10^4 nm va 10^9 nm (ya'ni 1 nanometr bilan 100 nanometr orasida) bo'lsa, *kolloid eritma* deyiladi. Agar y 10^6 nm dan kichik bo'lsa, *eritma* bo'ladi.

Barcha eritmalar o'zidan elektr tokini o'tkazishi qobiliyatiga ko'ra ikki sinfga bo'linadi:

- elektrolit va
- noelektrolitlar.

Elektrolit eritmalar o'zidan elektr oqimini yaxshi o'tkazadi. Bu xil eritmalar *g'azlar, kislotalar, asoslar va tuzlarning* suyuq eritmaları kiradi. *Noelektrolit eritmalar* ko'proq organik moddalar eritmasi kiradi.

Bu bobda faqat noelektrolit bo'lgan (chin) eritmalar to'g'risida so'z yuritiladi. Chin eritma ikki (*yoki bir qancha*) moddaning bir jinsli aralashmasidir. Masalan,



Erituvchi molekullari bilan erigan modda molekullari orasida doimiy fizik - kimyoviy o'zgarishlar bo'lib turadigan gomogen sistema eritma deyiladi.

Eritmani tashkil etuvchi moddalar - komponentlar deyiladi. Har qanday eritma erituvchi va erigan moddadan tashkil topadi. Bunda erigan modda erituvchi ichida mayda zarrachalar, molekullar va ionlar holida tarqalgan bo'ladi. Molekula (*ion*) ko'zga yoki mikroskopda ko'rinadigan chegara sirtiga ega bo'lmaganligidan, eritmaning xossalari hamma joyda bir xil bo'ladi.

1) *Erituvchi* (m_1) – eritma tayyorlanganda o'z agregat holatini saqlab qolgan komponent; agar aralashayotgan moddalarning agregat holatlari bir xil bo'lsa, massa yoki hajm jihatdan ko'proq olingan modda.

2) *Erigan modda* (m_2) – eritma tayyorlanganda o'z agregat holatini saqlamagan komponent; agar aralashayotgan moddalarning agregat holatlari bir xil bo'lsa, massa yoki hajm jihatdan kamroq olingan modda.

Lekin bu tushuncha qandaydir miqdorda *shartlidir*, aslida termodinamik jihatdan eritmaning barcha komponentlari teng bo'ladi. Suv va spirtning nisbatiga qarab, spirt ham, suv ham erituvchi bo'lishi mumkin. Agar eritmada suyuq, yoki qattiq modda bo'lsa, odatda suyuq komponent erituvchi hisoblanadi.

Elektrolit eritmasidagi komponentlar miqdorining nisbatidan qat'iy nazar, elektrolit erigan modda hisoblanadi. Masalan, 96% sulfat kislotasining suvdagi eritmasida suv (4%) erituvchi, H_2SO_4 - erigan modda hisoblanadi.

Suv - erituvchi; huni alohida ajratib aytilishiga sabab, planetadagi eng ko'p tarqalgan erituvchi suvdur. Suv o'zining tuzilishi, eritish qobiliyati, ko'pgina xossalari bo'yicha nihoyatda noyob, ko'pincha g'ayri tabiiy xossalarni namoyon qiladi. U ionli va qutublangan hirikmalarni eritadi. Chunki uning dielektrik doimiyligi yuqori. ($D=78,5$).

Demak, ko'proq suvdan eritmalar tayyorlashda foydalaniladi. Bunda moddalarning suv bilan aralashmalari nazarda tutilsa, xato bo'ladi. Suvda eriydigan moddalar "erish" hodisasi sababli erib, eritmalar hosil qiladi.

Erish jarayoni. Erish jarayonining tabiati murakkahdir. Erishning muhim omili erigan modda va erituvchining *diffuziyasidir*. Diffuziya tufayli molekulalar, ionlar kabi zarrachalar eriydigan modda sathidan chiqadi va erituvchi hajmida bir tekis tarqaladi. Shu sababli, agar aralashtirilmasa erish tezligi diffuziya tezligiga bog'liq bo'ladi. Biroq erish jarayoni bir modda molekula va ionlarni boshqa modda molekula va ionlari bilan oddiygina aralashuvi bo'lmay, unda o'zaro turli xil kimyoviy va fizik xarakterdagi ta'sirlanishlar ro'y beradi. Erish jarayoni, eritma xossasi,

Ideal eritma hosil bo'lishida Gibbs energiyasining o'zgarishi quyidagi formula bilan hisoblanadi (ifodalanadi):

$$\Delta G = nRT (N_A \ln N_A + N_B \ln N_B)$$

N_A, N_B – erituvchi va erigan modda molyar hissalar

$N_A, N_B < 1$ bo'lgani uchun $\ln N_A, \ln N_B < 0$ yani, manfiy qiymatga ega va $\Delta G < 0$ bo'ladi.

Entropiya o'zgarishi esa

$$\Delta S = - nR (N_A \ln N_A + N_B \ln N_B) \text{ bo'yicha hisoblanadi.}$$

$N_A, N_B < 1$ bo'lgani uchun $\Delta S > 0$ bo'ladi.

Shunday qilib, eritmalar hosil bo'lishi o'z-o'zidan sodir bo'ladigan jarayon bo'lib, bunda sistemaning Gibbs energiyasi kamayadi va entropiyasi ortadi.

Eritmalar hosil bo'lishining molekulyar-kinetik sharti diffuziya bilan belgilanadi. Eritmada erigan modda molekularining bir tekisda tarqalib, diffuziya deyiladi. Diffuziya erigan modda eritmaning hamma qismlarida bir tekisda tarqalguncha davom etadi.

Eritish vaqtida erigan moddaning zarrachalarining (*molekula, ion*) bir qismi eritmaga o'tsa, bir qismi qaytatdan eriyotgan moddaga o'tadi. Konsentratsiya o'tishi bilan keyingi jarayon kuchayadi. Natijada ayni haroratda erigan modda konsentratsiyasi doimiy bo'lib qoladi, ya'ni eritmaga o'tayotgan va eritmadan vaqt birligida qayta kristallanayotgan zarrachalar soni tenglashadi. To'yingan eritma hosil bo'ladi va dinamik muvozanat yuzaga keladi - $\Delta G = 0$ bo'ladi. Bunda entalpiya va entropiya omillari tenglashadi:

$$\Delta H = T\Delta S$$

bunda erishilgan to'yingan konsentratsiya - ushbu moddaning eruvchanligidir.

Agar eritma konsentratsiyasi to'yingan eritma konsentratsiyasidan yuqori bo'lsa, hosil bo'lgan eritma o'ta to'yingan eritma bo'ladi. Bunday eritma beqaror muvozanatda bo'ladi va o'z-o'zidan yoki ozgina tashqi ta'sir (*silkitish, kristallanish, tashlash* va b.) natijasida to'yingan eritmaga xos chin muvozanat holatiga o'tadi.

$\Delta G = 0$. Shuni ta'kidlash lozimki, harorat ortsa, entropiya omilining hissasi ortib, erish imkonlanadi.

Gazlar suyuqliklarda eriganda sistemaning entropiyasi pasayadi $\Delta S < 0$. Chunki suyuqliq modda tartibsiz holatdan (*xajm katta*) tartibli holatga o'tadi. Buni suyuqlikdagi (VIII.1) jadvaldagi CO_2 ning ΔS_{sp}^0 misolida ko'rish mumkin. Shu sababli haroratning pasayishi gazlarning erishini yaxshilaydi.

Shunday qilib, *termodinamik ma'lumotlar erish o'z-o'zidan sodir bo'ladimi yoki yo'qligini oldindan aytish imkonini beradi.*

Eritmalar bobida, asosan, ikki masala o'rganiladi:

- eruvchanlik, ma'lum sharoitda hamda ma'lum erituvchida qancha moddaning erishi va eritmaning xossalari;
- va bu xossalarning eritmani tashkil qilgan moddalar xossasiga hamda miqdoriga bog'liqligi.

Bu masalalarning ikkalasi ham amaliy ahamiyatga ega. Birinchi masala to'yingan eritmada ko'p tajriba ma'lumotlariga egamiz, ammo ular umumlashtirilmagan.

Eritmaning tarkibi uning *konsentratsiyasi* bilan xarakterlanadi. *Eritma yoki erituvchining ma'lum massa qismida yoki hajmida erigan modda miqdoriga konsentratsiya deyiladi* Konsentratsiya (*Concentration*) – lotin tilidan olingan bo'lib, *miqdor ma'nosini beradi*. Eritmalar tayyorlashda turli xil konsentratsiyalardan foydalaniladi. Har qanday usul o'z joyida ahamiyatga ega.

- 1.) Erigan moddaning massa ulushi (ω) yoki foiz ($C_{\%}$) konsentratsiya
- 2.) Molyar (C_m – mol/l) konsentratsiya
- 3.) Normal yoki ekvivalent (C_n – erv/l) konsentratsiya
- 4.) Titr (T yoki C_t – g/ml) konsentratsiya
- 5.) Molyal (C_m – mol/1000r) konsentratsiya
- 6.) Molyar ulush yoki molyar hissa (N yoki $C_N, \%$)
- 7.) Hajmiy hissa ($\phi\%$)

Konsentratsiyani bir necha usulda ifodalash mumkin: hajm va og'irlik o'lchamlarida (hirligida)

-hajm birligida ifodalangan konsentratsiyaga – *normal* (C_n – *ekv*) li molyar (N yoki C_N , %):

-og'irlik o'lchamida ifodalangan konsentratsiyaga – *foiz* (C_w), *mol, mol nisbati* (yoki *mol foizi*) kiradi. Bir sistemadan ikkinchisiga o'tish uchun eritmaning zichligi $\rho = \frac{m}{V}$ ma'lum bo'lishi kerak.

Fizikaviy kimyoda ko'pincha mol nisbati (mol foizi) ifodasidan foydalaniladi. Eritma bir qancha komponentlardan (*tarkibiy qismlardan*) tashkil topgan deb, *erituvchi-eruvchi tushunchasi qo'llanilmaydi*. Agar n_1, n_2, \dots, n_i lar 1, 2, 3 ... i muddalarning eritmadagi mol sonlari bo'lsa i komponentning mol nisbati:

$$N_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$$

bunda, n_i -mollar soni. Demak, $\sum N_i = 1$ bo'ladi. Agar $N_i' = 100 \cdot N_i$ bo'lsa, mol foiz bo'ladi. Bundan:

$$\sum N_i' = \sum \frac{n_i}{n_i} \cdot 100, \text{ yoki } \sum N_i' = 100 \text{ teng bo'ladi.}$$

Eritma xossalari ni partial molyar kattaliklar orqali aniqlash

Eritmalarning xossalari ularning tarkibiy qismlari tabiatiga va miqdoriga bog'liq va shu sababli *eritmaning* mana shu xossasini o'rganishda termodinamika usulidan foydalaniladi. Bunda *partial molyar qiymat miqdortari qo'llaniladi*. *Eritmaning xossasi, uning tarkibiy qismlarini eritmadagi xossalarini ifoda qiladigan partial molyar kattaliklari yig'indisiga teng*, deb qabul qilinadi.

Eritmaning biror ekstensiv, ya'ni eritma miqdoriga bog'liq bo'lgan umumiy xossasini ko'rib o'tamiz. Bularga $V, C_p, \Delta H, \Delta G, \mu$ va shu kabi termodinamik xossalar kiradi. Agar sistema ikki komponentli (*ya'ni erituvchida bitta modda erigan*) bo'lsa X -xossa erituvchi va eruvchilarning mol soni n_1, n_2, \dots ga, harorat va bosimga bog'liq bo'ladi:

$$X = \varphi(T, P, n_1, n_2)$$

Ekstremal xossa holat funksiyasi, ya'ni *to'liq funksiya bo'lgani uchun* hamma komponentlar bo'yicha $T, P = \text{const}$ da to'la differentsialana oladi, ya'ni bunda $P, T = \text{const}$ bo'lgani uchun faqat n_1 va n_2 dan hosila olinadi: n_1 – modda bo'yicha olingan hosila (δ_1 bilan belgilanadi), to'liq hosila – d-to'liq bilan belgilanadi.

$$dx = \left(\frac{\partial x}{\partial n_1} \right)_{T,P,n_2} \cdot dn_1 + \left(\frac{\partial x}{\partial n_2} \right)_{T,P,n_1} \cdot dn_2$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial n_1} \right)_{T,P,n_2} = \bar{x}_1 \quad (4.1)$$

qabul qilish

$$dx = \bar{x}_1 dn_1 + \bar{x}_2 dn_2 \quad (4.2)$$

ga teng

i komponentning i komponentning eritmadagi (bu holda *eritma*) xossasi. (VIII.1) tenglamaga muvofiq *moddaning partial molyar kattaligi* - turg'un harorat ($T = \text{const}$) va bosim ($P = \text{const}$) da eritmaga i komponentdan kichik miqdorda qo'shilgandagi eritma xossasining cheksiz kichik o'zgarishiga teng, yoki *partial molyar kattalik* - turg'un harorat va bosimda juda katta hajmdagi eritmaga i komponentdan 1 mol qo'shilgandagi eritma xossasining o'zgarishiga teng. Bu holda, eritmaning tarkibi amalda o'zgarmaydi. Toza modda uchun partial molyar kattalik shu toza moddaning xossasiga (x_i^0) teng:

$$\bar{x}_i = x_i^0 \quad (4.3)$$

Partial molyar kattalikning ahamiyati shundaki, eritmaning xossalarini bu kattaliklar bilan, *masalan, Gibbsning molyar partial energiyasi* $\Delta \bar{G}$, partial molyar entropiya $\Delta \bar{S}$, partial-molyar entalpiya $\Delta \bar{H}$ va hokazolar orqali ifodalashda termodinamik tenglamalar o'z ko'rinishini saqlab qoladi va demak, *eritmaning*

$$\mu_i = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{T,P,n_1, \dots, n_m}$$

xossasini aniqlashda termodinamikaning hamma tenglamalari xulosalarini to'la qo'llash mumkin. Chunonchi (III.68) tenglamaga muvofiq i - komponentning kimyoviy potentsiali:

$$\mu_i = \bar{G}_i \quad (4.4)$$

bunda \bar{G}_i i - moddaning *partial Gibbs potentsiali*. III.50 tenglamaga ko'ra $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Agar bu tenglama n_i bo'yicha differentsiallansa:

$$\left(\frac{\partial G}{\partial n_i}\right)_{T,P,n_j} = \left(\frac{\partial H}{\partial n_i}\right)_{T,P,n_j} - T \left(\frac{\partial \Delta S}{\partial n_i}\right)_{T,P,n_j}$$

yoki,

$$\Delta \bar{G} = \bar{\partial} H_i - T \Delta \bar{S}_i \quad (4.5)$$

bunda: $\bar{H}, \bar{S}, \bar{G}$ *partial molyar entalpiya, molyar entropiya va molyar Gibbs potentsialidir*.

Agar eritmaga ikkala komponentdan oz-ozdan, ya'ni eritmaning tarkihi sezilarli darajada o'zgarmaydigan qilib qo'shilsa, partial molyar kattalik o'zgarmaydi. (IV. 2) tenglama integrallansa:

$$X = (\bar{X}_1 n_1 + A) + (\bar{X}_2 n_2 + B) \quad (4.6)$$

A, B - integrallash doimiylari, lekin $n_1=0$ bo'lganda A=0 va $n_2=0$ bo'lganda B=0 bo'ladi, ya'ni eritmaning X xossasi ham nolga teng bo'ladi. Shunga ko'ra:

$$X = \bar{X}_1 n_1 + \bar{X}_2 n_2 \quad (4.7)$$

Agar $\bar{X}_1, \bar{X}_2, n_1, n_2$ -lar o'zgaruvchi miqdor deb (4.7) tenglama differentsiallansa:

$$dX = \bar{X}_1 dn_1 + \bar{X}_2 dn_2 + (n_1 d\bar{X}_1 + n_2 d\bar{X}_2) \quad (4.8)$$

(IV.2) va (IV.8) tenglamalar o'zaro taqqoslansa:

$$n_1 d\bar{X}_1 + n_2 d\bar{X}_2 = 0 \quad \text{kelib chiqadi} \quad (4.9)$$

bu tenglamaning ikkala tomoni (n_1+n_2) ga bo'linsa va $N_1 = n_1/n_1+n_2$ bilan $N_2 = n_2/n_1+n_2$ tengligi e'tiborga olinsa:

$$N_1 d\bar{X}_1 + N_2 d\bar{X}_2 = 0 \quad (4.10)$$

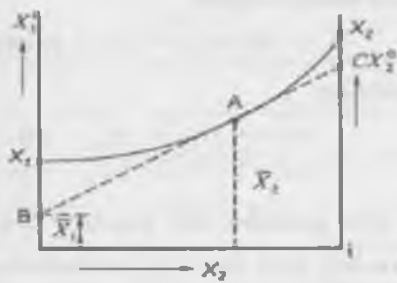
bu tenglama *Gibbs-Dyugem tenglamasi* deyiladi va uning yordamida birinchi komponentning partial molyar kattaligi ma'lum bo'lganida, ikkinchi moddaning partial molyar kattaligini hisoblash mumkin:

$$d\bar{X}_2 = -\frac{N_1}{N_2} d\bar{X}_1, \quad d\bar{X}_1 = -\frac{N_2}{N_1} d\bar{X}_2 \quad (4.11)$$

Masalan, agar $X-\mu$ kimyoviy potentsial bo'lsa. (IV.10) tenglamaga muvofiq:

$$N_1 d\mu_1 + N_2 d\mu_2 = 0; d\mu_1 = -\frac{N_2}{N_1} d\mu; d\mu_2 = -\frac{N_1}{N_2} d\mu... \quad (4.12)$$

Partsiyal molyar kattaliklar odatda grafik usulda aniqlanadi (4.1-rasm) va bunda ordinata o'qiga X_1 , absstsissa o'qiga N_2 qiymati qo'yiladi. So'ng berilgan ma'lum bintecentralsiyada, masalan, A - nuqtada $X - N_2$ egrisiga nisbatan urinma o'tkazilib, ordinata o'qini partsiyal molyar o'qi bilan kesishguncha davom ettiriladi. Ushbu urinma chizig'ini ordinata o'qlari bilan kesishgan nuqtalari (B va C) da $N_2=0$ va $N_2=1$ bo'lgandagi partsiyal molyar kattaliklar qiymatlari - \bar{X}_1 va \bar{X}_2 ni belgilaydi.



4.1-rasm. Partsiyal molyar kattaliklarni aniqlash

Partsiyal mol kattaliklarning son qiymatini bilgandan so'ng, eritmaning turli qismlarini hisoblab topish mumkin, bunda X_1, X_2 - lar toza 1, 2 moddalarning qismlari.

4.2. ERITMALARNI SINFLANISHI

Eritmalar termodinamik nuqtai nazardan uch turga bo'linadi:

- ideal eritmalar.
- cheksiz suyultirilgan eritmalar.
- real eritmalar.

Ideal eritmalar deb – komponentlari aralashtirilganda alohida tortishish kuchi bo'lmagan, hosil bo'lishi kimyoviy ta'sirlanishsiz, $\Delta V = \text{const}$ va $\Delta H = \text{const}$ o'zgarishsiz sodir bo'ladigan eritmalariga aytiladi.

$$\text{Yani} \quad F_{A-A} = F_{B-B} = F_{B-B} \quad \Delta V = 0, \Delta H = 0 \quad (4.13)$$

Ularga o'z ta'sir qo'yilgan eritmalar kiradi.

Ideal eritmalarining termodinamik xossalari *partsiyal molyar kattaliklar yordamida ifodalanadi*. Masalan, 1 mol eritma uchun

$$\begin{aligned} \Delta V &= N_1 \Delta \bar{V}_1 + N_2 \Delta \bar{V}_2 & \Delta \bar{V} &- \text{partsiyal molyar hajm} \\ \Delta H &= N_1 \Delta \bar{H}_1 + N_2 \Delta \bar{H}_2 & \Delta \bar{H} &- \text{partsiyal molyar entalpiya} \\ \Delta S_{\text{m}} &= N_1 \Delta \bar{S}_{1\text{m}} + N_2 \Delta \bar{S}_{2\text{m}} & \Delta \bar{S} &- \text{partsiyal molyar entropiya} \end{aligned} \quad (4.14) \quad \text{va hokazo.}$$

Газ aralashmalarini entropiyasini aniqlash tenglamasiga muvofiq ideal gazlar aralashganda entropiyaning o'zgarishi

$$\Delta S_{\text{m}} = -R(N_1 \ln N_1 + N_2 \ln N_2) \text{ ga teng}$$

va (4.13) (4.14) tenglamalardan:

$$\left. \begin{aligned} \Delta H_1 = 0 \quad \Delta V_1 = 0 \quad \Delta S_{1\text{m}} = -R \ln N_1 \\ \Delta H_2 = 0 \quad \Delta V_2 = 0 \quad \Delta S_{2\text{m}} = -R \ln N_2 \end{aligned} \right\} \quad (4.15)$$

Ideal eritmalarini ideal gazlardan farqi shundaki, ideal gazlarda zarrachalar orasida o'zaro ta'sir (*tortishuv*) yo'q, lekin ideal eritmalarining zarrachalari orasida o'zaro ta'sir bor.

O'xshash xossali moddalardan tashkil topgan eritmalar ideal eritmalariga mos keladi. *Masalan*, izotoplar aralashmasi, izomerlar aralashmasi, bir gomologik qatordagi moddalar aralashmasi va hokazo.

Eritma hosil bo'lganda komponentlar kimyoviy potentsialining o'zgarishi:

$$\Delta \mu_i = \Delta \bar{H}_i - T \Delta \bar{S}_i \quad (4.16)$$

Shunga ko'ra ideal eritmalar uchun:

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln N_i, \quad d\mu_i = RT d \ln N_i = RT \frac{dN_i}{N_i} \quad (4.17)$$

$$\bar{\mu}_i = \left(\frac{\partial \mu_i}{\partial N_i} \right)_{T,P} = \frac{RT}{N_i} \quad (4.18)$$

bu holda, μ_1^* na μ_2^* toza erituvchi va eruvchining kimyoviy potentsiali bo'lsa, u holda

$$\mu_1 = \mu_1^* + RT \ln N_1, \quad d\mu_1 = RT d \ln N_1 = RT \frac{dN_1}{N_1} \quad \text{va undan}$$

$$\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial N_1} \right) = \frac{RT}{N_1} \quad \text{kelib chiqadi. Shunga ko'ra}$$

$$\mu_2 = \mu_2^* + RT \ln N_2; \quad d\mu_2 = RT d \ln N_2 = RT \frac{dN_2}{N_2} \quad \text{bo'ladi va undan}$$

$$\left(\frac{\partial \mu_2}{\partial N_2} \right) = \frac{RT}{N_2} \quad \text{kelib chiqadi.}$$

Aralashayotgan moddalar *suyuq holda bo'lsa*, ideal eritmada differentsial issiqlik effekti nolga teng bo'ladi. Agar erituvchi qattiq holda bo'lsa, *Gess* qonuniga muvofiq uning erish issiqligi effekti suyuqlanish issiqlik effektiga teng bo'ladi:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

bu holda, Q_2 - erish issiqligi effekti; Q_1 - kristall panjarani buzishga sarf bo'lgan energiya (eruvchi suyuqlanish) issiqligi, Q_2 - eruvchi va erituvchining ta'sirlanishi natijasida ajralgan issiqlik. Ideal eritmalarda $Q_2 = 0$ bo'lganligidan $Q = Q_1$ bo'ladi. *Yu'ni, erish issiqligi eruvchining yashirin suyuqlanish issiqligiga tengdir*

Cheksiz suyultirilgan eritma - bu xil eritmalarda erigan moddaning kontsentratsiyasi cheksiz kichik bo'ladi. Ideal bo'lmagan har qanday cheksiz suyultirilgan eritmada erituvchi (n_1) ideal eritmalar qonuniga boysunadi. Erigan modda (n_2) esa, boysunmaydi. Demak, cheksiz suyultirilgan eritmalarda erituvchiga nisbatan ideal eritmalarining hamma tenglamalarini qo'llash mumkin.

Ideal va cheksiz suyultirilgan eritmalar termodinamikasiga boysunmaydigan eritmalar - *real eritmalar* jumlasiga kiradi.

REAL ERITMALAR. TERMODINAMIK AKTIVLIK. Real eritmalar ideal va cheksiz suyultirilgan eritmalar qonuniga boysunmaydi. *Real eritmalarining xossalari eritma kontsentratsiyasidan tashqari eritmaning komponentlari orasidagi o'zaro ta'sirga ham bog'liq.* Shunga ko'ra eritmaning xossalari bilan eritma kontsentratsiyasi orasidagi bog'lanishni o'rganishda bu ta'sirni ham e'tiborga olish

kerak. *Lyuisning* real eritmalar nazariyasida shu holat e'tiborga olingan. Real gazlar uchun bosim P o'rniga uchuvchanlik f ifodasining qo'llanilishini ko'rgan edik. Xuddi shunga o'xshash, real eritmada konsentratsiya (C yoki P) o'rniga termodinamik aktivlik a qo'llaniladi. Lyuis ta'rifiga ko'ra:

$$a = \gamma C$$

bunda, a - termodinamik aktivlik,

γ - termodinamik aktivlik koeffitsienti (yoki *aktivlik koeffitsienti*),

C - konsentratsiya (*turtli ifodalarda molyar, mol/l, mol nisbati va hokazo*).

Ideal va cheksiz suyultirilgan eritmalarda $\gamma = 1$ va $a = C$ ga teng bo'lib, γ zarrachalar o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchlarini aks ettiradi. Termodinamik aktivlik koeffitsienti ma'lum real eritma xossalarini qabul qilingan standart holatdan (*ideal gaz, ideal eritma va hokazo holatlardan*) chetlanishini xarakterlaydi.

Termodinamik tenglamalar real eritmalariga to'g'ri kelisin uchun, ideal va cheksiz suyultirilgan eritmalariga mansub termodinamik tenglamalardagi konsentratsiya ifodasi o'rniga termodinamik aktivlik ifodasini qo'llash kerak. *Masalan*, komponentlarning kimyoviy potentsiali quyidagicha:

<i>Ideal eritma</i>	<i>Real eritma</i>
$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln N_i$	$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i$
$d\mu_i = RT d \ln N_i$	$d\mu_i = RT d \ln a_i$

ya'ni
$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i; \quad d\mu_i = RT d \ln a_i, \quad (4.19)$$

$$\mu_2 = \mu_2^0 + RT \ln a_2; \quad d\mu_2 = RT d \ln a_2, \quad (4.20)$$

bu erdagi 1, 2 sonlar - erituvchi va cruvchiga mansub belgilar, μ^0 - standart holatdagi kimyoviy potentsial deyiladi. Bir birida cheksiz nisbatda aralashadigan komponentlarning eritmaları uchun

$$\gamma = 1, a = 1 \text{ va } \mu_1 = \mu_1^0, \quad \mu_2 = \mu_2^0$$

Masalan, $[C_2H_6 + C_2H_{10}; C_2H_6 + CCl_4; C_2H_6 + CCl_4]$ kabi qutblanmagan, assotsiyalanmagan moddalar eritmasida ularni bir xil agregat holatda

hisoblanilganda $\Delta V = 0$; $\Delta H = 0$ ga teng bo'ladi. Lekin, entropiyaning o'zgarishi ideal gazdagidek bo'lib, *bir xil va har xil molekularning tortishuvi deyarli teng*, ya'ni ubal eritmaga yaqinlashadi. Shunga ko'ra, $\gamma=1$, $a=c$ deb qabul qilinsa ko'p xato bo'lmaydi.

Kimyoviy potentsialni hisoblashda, eritmani tashkil qilgan moddalarning (*komponentlar*) ning xossasiga qarab ikki xil standart holat qabul qilinadi.

Birinchi standart holat - agar komponentlari bir-birida har xil nisbatda aralashsa, standart holat sifatida toza moddalar qabul qilinadi va aktivlik koeffitsienti birga teng bo'ladi, ya'ni $\gamma=1$, va $a_1=1$; $a_2=1$. Demak, bunday holatda (4.19) tenglamaga muvofiq

$$\mu_1 = \mu_1^{s1}; \quad \mu_2 = \mu_2^{s2}$$

bu raqami 1 standart holat boyicha hisoblanganini ko'rsatadi.

Ikkinchi standart holat - agar komponentlardan biri boshqasida chegarali nisbatda erisa (*masalan, qattiq modda va gazlarning suyuqlikda erishi*), erituvchi uchun birinchi standart holat qabul qilinadi. Erituvchi modda uchun shu moddaning konsentratsiyasi birga teng bo'lgan eritma qabul qilinadi. Bu holatda aktivlik koeffitsienti birga teng ($\gamma=1$) deb qabul qilinadi. Demak, $a_2=c-1$ va (4.19) tenglamaga muvofiq

$$\mu_1 = \mu_1^s$$

ERITMALARNING MUVOZANATI.

KOMPONENTLARNING ERITMA USTIDAGI BUG' BOSIMLARI

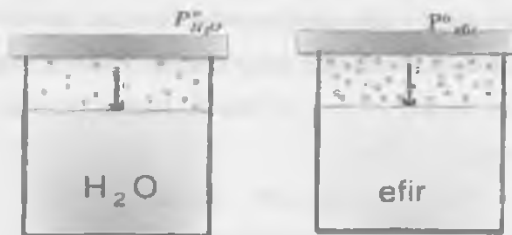
Moddalarning bug' bosimi *fundamental xossalari*dan biri bo'lib, u bir qancha boshqa xossalarni belgilaydi. Bu eritmalar uchun ham taalluqlidir.

Eritmalarning bug' bosimi eritmaning *turkibi* va uning *komponentlarining xossasiga* bog'liq. Ideal eritmalarining eng xarakterli xossasi eritma komponentlarining bug' bosimi va konsentratsiya o'rtasidagi bog'liqlikdir. Istagan komponent konsentratsiyasining o'zgarishi, bug' dagi ya'ni uning eritma ustidagi partial bosimini o'zgarishiga olib keladi.

Raul qonuni (1830-1901) *erigan moddaning erituvchining fizik xossalariga ta'siriga oid*. Bu qonun termodinamikaning ikkinchi qonunidan kelib chiqadi.

Ya'ni, ($G=0$) termodinamik muvozanatdagi fizikaviy jarayonlar uchun taaluqlidir. Bunda molekulyar - kinetik mulohazalar ham muhim ro'l o'ynaydi.

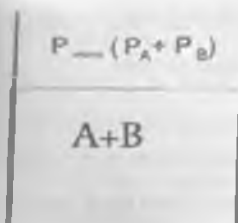
Misol. agar usti yopiq idishga ikki hil tabiatli toza erituvchi solinsa, bug'lanish va kondensatsiya sodir bo'ladi. Ma'lum vaqtdan so'ng sistemada dinamik muvozanat ($G=0$) hosil ho'ladi. Ya'ni, suyuqlik sathidan bug'lanayotgan zarrachalar (*vaqt birligida*) gaz muhitidan suyuqlikka o'tayotgan zarrachalar soniga teng bo'ladi.



Suyuqlik bilan muvozanatda turgan bug' -*to'yingan bug'* deyiladi. *To'yingan bug'* bosimi - *suyuqlikning bug' holatga o'tishga intilishidir*. Bunday toza erituvchining bug' bosimi yoki to'yingan bug' bosimi P_0 bilan belgilanadi. Toza suyuqlikning to'yingan bug' bosimi faqat uning *tabiatiga bog'liq*. Suyuqlik molekullari orasidagi *tortishish, ta'sirlashish* kuchlari qancha kuchli bo'lsa, uning ustidagi bug' hosimi shuncha past bo'ladi va aksincha sust bo'lsa, uning to'yingan bug' bosimi shuncha yuqori bo'ladi. *Yuqoridagi rasmda toza efirning to'yingan bug' bosimi yuqoriligi ko'rinib turibdi.*

Bug' bosimining qiymati berilgan haroratda barometrlarda o'lchanadi. Berilgan haroratda toza erituvchining to'yingan bug' bosimi (P_0) doimiy qiymatga ega va erituvchining termodinamik xarakteristikasi hisoblanadi. Haroratning ortishi **L-Shatele printsipiga** muvofiq erituvchi ustidagi bug' bosimini oshiradi, chunki bug'lanish endotermik jarayon $\Delta H_{\text{bug'lanish}} > 0$.

Bizga 2ta suyuqlik aralashmasi berilgan bo'lsa, uni isitilsa, A va B moddalar bug'lanadi. To'yingan bug' bosimini hosil qilishda ikkala komponent qatnashadi.



Bunda aralashma ustidagi to'yingan bug' bosimi ikkala suyuqlikning partsiyal bug' bosimlari yig'indisidan iborat:

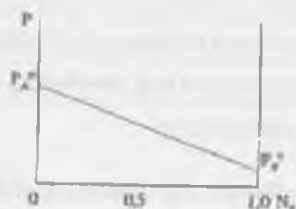
$$P_{\text{um.}} = P_A + P_B$$

P_A , P_B – A va B suyuqliklarning partsiyal bug' bosimlari. (Partsiyal bug' bosimi – to'yingan bug' bosimining bitta suyuqlikka to'g'ri keladigan qismi).

Bug' tarkibidagi A va B komponentlar miqdorlarining nisbati, suyuq aralashma tarkibidagi A va B lar miqdorlarining nisbati bilan bir xil bo'lmaydi. Chunki, ikkala suyuqlikning bug' bosimlari har hil bo'ladi. Bunday eritmalarning to'yingan bug' bosimlarini o'rganib Raul quyidagi xulosaga keldi: biror komponentning partsiyal bug' bosimi uning suyuqlikdagi molyar hissasiga to'g'ri proporsional (*Raulning I qonuni*)

$$P_A = K \cdot N_A \quad P_B = K \cdot N_B \quad (4.21)$$

Agar uchuvchan erituvchiga uchmaydigan modda solinsa (*xhakar, osh tuzi*) eritmada erituvchi konsentratsiyasi kamayadi. Gaz fazasiga o'tayotgan erituvchi zarrachalarining soni xan kamayadi. Erituvchining kimyoviy potentsiallari kamayadi. Binobarin, uchuvchan bo'lmagan birorta B komponent erishidan hosil bo'lgan eritma ustidagi bug' bosim (P_A'') toza erituvchining toyingan bug' bosimi (P_A') dan farq qiladi (4.2 - rasm).



4.2-rasm. Toza erituvchi ustidagi toyingan bug' bosimi (P_A') va eritma ustidagi bug' bosimi (P_A'').

Eritma qancha kontsentrik bo'lsa, eritma ustidagi erituvchi bug' bosimi shuncha past bo'ladi. Shu erda Raul I qonuni formulasiga murojaat qilamiz:

$$P_A = K \cdot N_A \quad P_B = K \cdot N_B$$

K – proporsionallik koeffitsienti.

$N_A=1$ bo'lganda $K = P_A = P_A^0$ bo'ladi va har bir komponent uchun Raul qonuni formulalarini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$P_A = P_A^0 \cdot N_A \quad P_B = P_B^0 \cdot N_B \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} P_A \\ P_B \end{matrix}} \right\} P = P_A + P_B = N_A P_A^0 + N_B P_B^0, \quad (4.22)$$

Raul I qonuni formulasini noelektrolit qattiq moddalarning eritmaları uchun keltirib chiqarish mumkin (*suvdagi eritmaları elektr tokini o'tkazmaydigan moddalar noelektrolitlar deyiladi. Qand, gliktsrin, spirt, mochevina kabi moddalarning suvdagi past kontsentratsiyali eritmaları Vant-Goff va Raul qonuniyatlariga bo'ysinadi*).

$N_A + N_B = 1$ ligidan $N_A = 1 - N_B$ kelib chiqadi.

N_A – erituvchining molyar hissasi

N_B – erigan moddaning molyar hissasi $P = P_A^0 + N_B(P_A^0 - P_A^0)$

$$P_A = P_A^0 \cdot N_A = P_A^0 \cdot (1 - N_B)$$

$$P_A = P_A^0 - P_A^0 \cdot N_B \quad \text{undan} \quad P_A^0 \cdot N_B = P_A^0 - P_A$$

$$\frac{P_A^0 - P_A}{P_A^0} = N_B \quad \text{yoki} \quad \frac{P^0 - P}{P^0} = N_B \quad (4.22a)$$

Bu yerda: P^0 - toza erituvchi ustidagi to'yingan bug' bosimi, Pa;

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

$P^0 - P = \Delta P$ - eritma ustidagi erituvchi bug' bosimining absolyut pasuyishi (*depressiya*);

$\frac{P^0 - P}{P^0}$ - eritma ustidagi erituvchi bug' bosimining nisbiy kamayishi.

Yuqoridagi 4.22a tenglamadan Raul I qonunining yana bir ta'rifi kelib chiqadi: Uchuvchani bo'lmagan noelektrolit modda saqlagan eritma ustidagi erituvchi bug' bosimining nisbiy pasayishi erigan moddaning molyar hissasiga teng.

Eritma ustidagi erituvchi bug' bosimining nisbiy pasayishi - *haroratga, erituvchi va erigan modda tabiatiga bog'liq bo'lmay, faqat eritma konsentratlyasiga bog'liq.*

Shuni ta'kidlash lozimki, Raul qonuni asosan *ideal eritmalar*ga, qisman *qayta tiklangan real eritmalar*ga ham hosidir.

Bu qonun asosida eritma ustidagi bug' bosimini hisoblab topish mumkin, masalan: 18g glyukozani 1000g suvdagi eritmasi ustidagi bug' bosimi 100°C da nechimga teng bo'ladi? Toza suvning shu haroratdagi bug' bosimi 101,325 kPa.

Yechish:

$$\frac{P^0 - P}{P^0} = N_B \text{ dan } P = P^0 \cdot (1 - N_B)$$

Glyukozaning eritmadagi molyar hissasi

$$N_B = \frac{n_{glyukozasi}}{n_{suv} + n_{glyukozasi}} = \frac{18/180}{1000/18 + 18/180} = 0,015$$

$$P = P^0 \cdot (1 - N_B) = 101,325 (1 - 0,015) = 99,78 \text{ kPa}$$

Demak, eritma ustidagi bug' bosimi 99,78 kPa ga teng.

Raul qonunni nazariy keltirib chiqaramiz:

Eritma o'z bug'i bilan muvozanatda bo'lganda har qaysi komponentning eritmadagi va bug'dagi kimyoviy potensiallari o'zaro teng bo'ladi, masalan, *i*-

komponent uchun:

$$\mu_i = \mu_i^0$$

μ_1, μ_2 - komponentning eritmadagi va bug' fazadagi kimyoviy potentsiali. Agar komponentning bug'ni ideal gazlar qonuniga bo'ssunadi, deb faraz qilinsa, (4.17) va (4.19) tenglamalarga muvofiq:

$$d\mu_1 - d\mu_2 = RT d \ln P, \quad (4.21)$$

bundan:

$$d \ln P_1 = \frac{d\mu_1}{RT}$$

Demak, agar μ_1, μ_2 - erituvchi va eruvchining kimyoviy potentsiallari, P_1, P_2 erituvchi va eruvchi moddalarning eritma ustidagi partial bug' bosimlari bo'lsa:

$$d \ln P_1 = \frac{d\mu_1}{RT}; \quad d \ln P_2 = \frac{d\mu_2}{RT}$$

Muvozanat holatda esa, $\mu_1 = \mu_2$; $d\mu_1 = d\mu_2$ bo'ladi.

$T = \text{const}$ bo'lganda: $dF = -PdV = \frac{RT}{V} dV = RT d \ln V$ va bundan $d\mu = RT d \ln N$

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 &= \mu_1^0 + RT P_1; & d\mu_1 &= RT d \ln N_1 \\ \mu_2 &= \mu_2^0 + RT \ln P_2; & d\mu_2 &= RT d \ln N_2 \end{aligned} \right\} \quad (4.24)$$

Demak, $d \ln P_1 = d \ln N_1$. Darhaqiqat, (4.17) va (4.21) tenglamalardan

$$d \ln P_1 = d \ln N_1.$$

Bu tenglamaning chap tomonini P_1^0 dan P_1 gacha va o'ng tomonini $N_1 = 1$ dan N_1 gacha integrallansa:

$$\ln \frac{P_1}{P_1^0} = \ln N_1, \text{ yoki } \frac{P_1}{P_1^0} = N_1, \text{ bo'ladi} \quad (4.25)$$

bu erda, P_1^0 va P_2^0 - toza i komponentning va shu komponentning eritmadagi kontsentratsiyasi N_i bo'lganda, eritma ustidagi bug' bosimi. (4.25) dan bir-birida cheksiz nisbatda eriydigan (aralashmaga) 1 va 2 suyuqliklar uchun

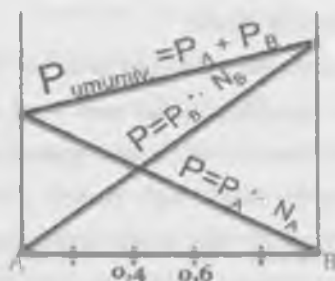
$$P_1 = N_1 \cdot P_1^0; \quad P_2 = N_2 \cdot P_2^0$$

Eritmaning umumiy bug' bosimi P komponentlarning eritmadagi bug' bosimlarining yig'indisiga teng: $P = P_1 + P_2 = N_1 P_1^0 + N_2 P_2^0$, agar $N_2 = 1 - N_1$ ekanligi e'tiborga olinsa:

$$P = P_2^0 + N_1(P_1^0 - P_2^0) \quad \text{kelib chiqadi} \quad (4.26)$$

Cheksiz suyulitirilgan eritmalar uchun Raul qonuni faqat erituvchiga nisbatan to'g'ri keladi, erigan modda uchun esa qo'llanilmaydi.

Ideal eritmalarda bir komponentning bug'lanishiga ikkinchi komponent halal hisoblanmaydi. Shuning uchun ularda istalgan komponentning partial bug' bosimi va eritma ustidagi umumiy bug' bosimi Raul qonuniga binoan tarkibga bog'liq ravishda to'g'ri chiziq bo'yicha o'zgaradi (4.3-rasm) hamda tajribada topilgan partial va umumiy bug' bosimlari nazariy yo'l bilan hisoblab chiqarilgan natijalarga mos tushadi.



4.3-rasm. Ideal eritmalar uchun bug'ning partial va umumiy bosimini tarkibga bog'liqligi

Rasmdan ko'rinib turibdiki komponentlar hug' bosimi chizig'i koordinatlar boshidan boshlanib, p_A^0 va p_B^0 nuqtalarda tugaydi, hu nuqtalar (p_A^0 va p_B^0) A va B komponentlarning toza (*individual*) holdagi bug' bosimiga to'g'ri keladi. Chunki Raul qonuni bo'yicha $P_A = P_A^0 \cdot N_A$ edi.

$N_A=1$ bo'lsa, $P_A = P_A^0$ holatga to'g'ri keladi.

$N_A=0$ bo'lsa, $P_A=0$ (*toza B komponentga*) holatga to'g'ri keladi, ya'ni A suyuqlikka B suyuqlikdan qo'shib borgan sari A suyuqlik molekulalari miqdori kamayib boradi. Shu bilan birgalikda aralashma ustidagi A suyuqlikning partial bosimi ham kamayib

boradi. B komponentning molyar xissasi esa ortib boradi va uning P_2^0 pastki bosimini o'tirishga olib keladi).

Idel eritma ustidagi umumiy bug' bosimi komponentlar partial bug' bosimlar yig'indisiga teng:

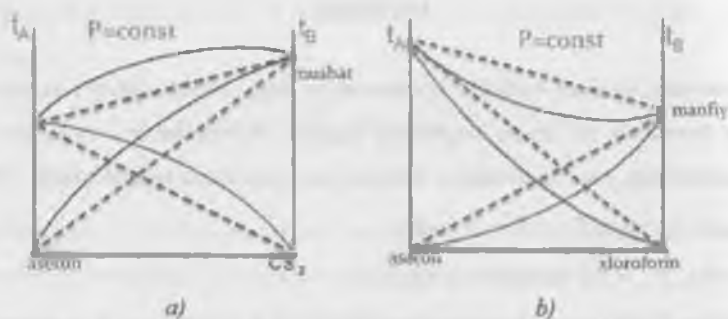
$$P_{\text{umum}} = P_1 + P_2 = P_1^0 N_1 + P_2^0 N_2$$

Lekin real eritmalar bu qonundan mustasnodir. Real eritmalar uchun ideal qonuni:

$$P_1 = P_1^0 a_1; \quad P_2 = P_2^0 a_2 \quad (4.27)$$

Ularga *spirt-suv*; *spirt-efir*; *atseton-xloroform*; *aseton-uglerod sulfit* ($\text{CH}_3\text{COCH}_3\text{-CS}_2$) kabi sistemalar kiradi.

Agar bir suyuqlik molekullari orasidagi ta'sir har xil molekullar orasidagi ta'sir kuchidan farq qilsa, suyuqliklar aralashmasi hosil bo'lish jarayoni issiqlik ajralib chiqish yoki yutilish bilan boradi, hajm o'zgaradi ($\Delta H \neq 0$; $\Delta V \neq 0$). Bunday sistemalarda aralashma tarkibi bilan bug' bosimi o'rtasidagi to'g'ri chiziqli bog'lanishda chetlanish kuzatiladi. Idel suyuq aralashmalardagi to'g'ri chiziqli qavariq (musbat chetlanishda) chiziq va botiq (manfiy chetlanishda) chiziq bilan almashinadi (4.4-rasm, a va b).



4.4-rasm Bug' bosimi tarkib diagrammasi

- Raul qonunidan musbat chetlanish.
- Raul qonunidan manfiy chetlanish.

Manfiy chetlanishda komponentlar va aralashma bug' bosimlarining egrilari ideal eritmalarining to'g'ri chiziqlaridan *pastda bo'ladi*. Manfiy chetlanish har xil molekulalar orasidagi tortishish kuchi bir xil molekularlar orasidagi tortishish kuchidan kam bo'lganda kuzatiladi:

$$F_{A-A} < F_{A-B} > F_{B-B}$$

Hunday suyuqliklar aralashganda bir-biri bilan ta'sirlashadi va issqlik ajralib chiqadi, sistema hajmi kamayadi. Bu eritmalarda komponentlarning bug'lanish bosimlari toza suyuqliklarning bug'lanish issiqligiga qaraganda ko'p, to'yingan bug' bosimi ideal eritmalarinikidan kam bo'ladi.

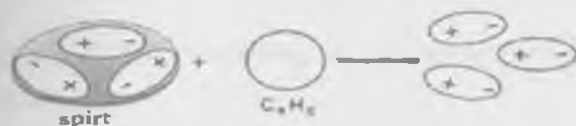
Shunday qilib, real eritmalarda issiqlik ajralib chiqishi A va B molekularlar orasida ta'sirlashuv borligini, uning natijasida



hisob bo'lganini (ya'ni zarrachalar yiriklashadi, assotsiatsiyalanadi), AB ning suyuqlikdan bug'ga o'tishi A va B ga nisbatan qiyinroq bo'lishini ko'rsatadi. Demak, komponentlar birikma hosil qilsa manfiy chetlanish yuz beradi.

Musbat chetlanishda komponentlar va aralashmaning bug' bosimlari egrisi ideal eritma to'g'ri chizig'idan yuqorida o'tadi. Musbat chetlanish $F_{A-A} > F_{A-B} < F_{B-B}$ bo'lganda kuzatiladi, ya'ni ikkita toza individual komponent molekularlari orasidagi tortishish kuchi har xil molekularlar (A - B) orasidagi tortishish kuchidan kuchliroq bo'lgan suyuq aralashmalarda kuzatiladi (ya'ni zarrachalarning maydalanishi kuzatiladi).

Masalan: spirt-benzol sistemasida spirt assotsiyalangan molekularlardan tashkil topgan



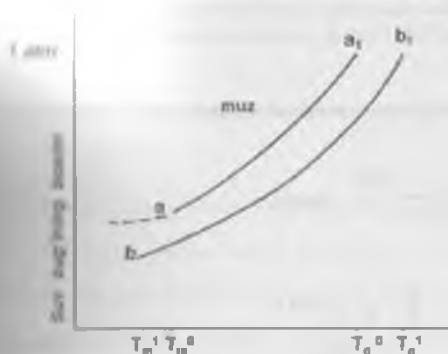
Assotsiyalangan spirt molekularlari benzol molekularlari ta'sirida disassotsiatsiyalanadi. Shu sababli bug' bosimi ortadi va diagrammada qavariq chiziq

hosil bo'ladi. Musbat chetlanish bilan hosil bo'ladigan eritmalarda *issiqlik* bu esa o'z navbatida bug'lanishni osonlashtiradi. Shu sababli, sistema ustidagi bug bosimi Raul qonuni bo'yicha hisoblangandan ko'p bo'ladi.

4.3. ERITMALARNING KOLLIGATIV XOSSALARI. ERITMALARNING MUZLASH VA QAYNASH HARORATLARI

Faraz qilaylik, biror uchuvchan bo'lmagan (masalan, qattiq) modda bir suyuqlikda (masalan, suvda) erib, cheksiz suyultirilgan eritma hosil qilsin. Uning eritmaning bug' bosimi (P) erituvchining eritmadagi bug' bosimi P_1 ga teng bo'ladi va erituvchi uchun *Raul qonunini* qo'llash mumkin bo'ladi. 4.5-rasmda sof erituvchi bug' bosimi P^0 ning va eritma bug' bosimi P ning harorat bilan o'zgarishi tasvirlangan. Harorat o'zgarishi bilan bug' bosimining naqadar keskin o'zgarishi bir fazadan ikkinchi fazaga o'tish issiqlik (*yashirin issiqlik*) qiymatiga bog'liq ekanligi ko'rsatilgan edi. Muzlash (*yoki suyuqlanish*) issiqligi bug'lanish issiqligidan ancha katta bo'ladi. Harorat o'zgarishi bilan qattiq moddaning bug' bosimi suyuq moddaning bug' bosimiga qaraganda keskin o'zgaradi. Shu sababli harorat o'zgarishi bilan qattiq moddaning bug' bosimi erituvchi va eritmaning bug' bosimlarini keskin o'tadi.

Suyuq va qattiq moddalarning kinyoviy potentsiallari (*yoki bug' bosimlari*) bir-biriga tenglashganda muzlash (*yoki suyuqlanish*) ro'y beradi (4.5- rasm). Demak, muzlash (*suyuqlanish*) haroratida suyuq va qattiq moddalarning bug' bosinlari bir-biriga tenglashadi, a nuqtada erituvchi (*suv*)ning bug' bosimi, b nuqtada eritmaning bug' bosimi muzning bug' bosimi bilan tenglashadi.



4.5-rasm. Eritma ustidagi erituvchi bug' bosimi va eritmaning qaynash (*muzlash*) haroratini erigan modda konsentratsiyasiga bog'liqligi. *a a1* – toza erituvchi; *b b1* – eritma.

a nuqtada suv va *b* nuqtada esa eritma muzlaydi. Suvning bug' bosimi T^0 haroratda, eritmaning bug' bosimi esa T^1 haroratda muzning bug' bosimiga tenglashadi. Demak, T^0 suvning va T^1 eritmaning muzlash haroratidir. Diagrammada ko'rsatilishicha, T^1 hamma vaqt T^0 dan past bo'ladi. Shunday qilib, eritma hamma vaqt erituvchiga nisbatan past haroratda muzlaydi.

Eritma toza erituvchidan farqli o'larok, to'labigicha bitta doimiy haroratda qonmaydi. Ma'lum bir haroratda *kristallar* paydo bo'lib, harorat pasayishi bilan kristallar soni ortadi va pirovardida butunlay qotadi. Suyultirilgan eritmalar toza erituvchiga nisbatan past haroratda muzlaydi.

Lomonosov o'z davrida dengiz suvi 273 K emas, balki pastroq haroratda muzlashini isbotlagan. Bu keyinchalik Raulning ikkinchi qonuniga asos bo'ldi.

Eritmalarning muzlash harorati T_m - muzlash haroratining pasayish qiymati bilan xarakterlanadi.

$\Delta T_m = T_{erituvchi} - T_{eritma}$ - eritma muzlash haroratining pasayishi deyiladi.

$$\Delta T_m = K \cdot C_m \quad (4.28)$$

Eritma muzlash haroratining pasayishi erigan moddaning molyalligiga to'g'ri proporsional.

K – kristoskopik konstanta bo'lib,

$$K = \frac{RT_m^0}{\rho \cdot 1000}$$

Krioskopik konstanta - 1000g erituvchida 1mol modda eriganda uning muzlash harorati qanchaga pasayishini bildiradi.

$$C_m = \frac{g \cdot 1000}{G \cdot M} \quad \Delta T_M = \frac{K \cdot g \cdot 1000}{G \cdot M} \quad \text{bundan}$$

$$M = \frac{K \cdot g \cdot 1000}{G \cdot \Delta T_M} \quad (4.29)$$

Suyuqlikning bug' bosimi atmosfera bosimiga tenglashganda suyuqlik qaynash boshlaydi. Eritma hamma vaqt erituvchiga nisbatan yuqori haroratda qaynaydi, $T_1 \geq T^0$; $\Delta T = T_1 - T^0$; ΔT - eritma qaynash haroratining ko'tarilishi deb ataladi. Eritma muzlash haroratidining pasayishi va qaynash haroratining ko'tarilishi eritmaning konsentratsiyasiga proporsionaldir. Eritmaning konsentratsiyasi ortgan sari erituvchi bilan eritmaning bug' bosimlari orasidagi tafovut kattalashadi. ΔT ham ortadi, ya'ni

$$\Delta T_q = E \cdot C_m \quad (4.30)$$

bunda C_m - molyal konsentratsiya,

E - faqat erituvchi tabiatiga bog'liq bo'lgan, mutanosiblik kattaligi.

Ebulioskopik konstanta - 1000 g erituvchida 1 mol modda eriganda eritmaning qaynash harorati qanchaga ortishini ko'rsatadi.

$$\frac{RT^2}{1000 \cdot \lambda} = E \quad \text{ehulioskopik konstanta}$$

Agar $C=1$ bo'lsa, $\Delta T_q = E$ bo'ladi.

$$C_m = \frac{g \cdot 1000}{G \cdot M}$$

bunda: M - erigan moddaning molekulyar massasi. C ning bu qiymatini (4.30) tenglamaga qoyilib, M hisoblash mumkin:

$$\Delta T_q = \frac{E \cdot g \cdot 1000}{G \cdot M} \quad \text{bundan}$$

$$M = \frac{E \cdot g \cdot 1000}{G \cdot \Delta T_q} \quad (4.31)$$

bu erda: g, G – eruvchi va erituvchining massasi.

Shunday qilib, erigan moddaning molekulyar massasini, eritma muzlash haroratining pasayishidan (*krioskopik usul*) yoki qaynash haroratining ko'tarilishidan (*ebulioskopik usul*) foydalanib aniqlash mumkin.

Ebulioskopik va krioskopik konstantalarning qiymati erituvchining tabiatiga bog'liq bo'lib, erigan modda tabiatiga va miqdoriga bog'liq emas.

4.2-jadval

Ayrim erituvchilarning ebulioskopik va krioskopik konstantalari					
Erituvchi modda	K, grad/mol	E, grad/mol	Erituvchi modda	K, grad/mol	E, grad/mol
Sirka kislota	3.90	2.93	Etanol	-	1.23
Benzol	5.12	2.64	Naftalio	6.8	5.65
Kamfora	40.6	-	Suv	1.86	0.514

Turli eruvchilarning qanday bo'lmasin biror erituvchidagi bir molyar eritmasida erigan moddalarning molekular soni bir xil bo'ladi, demak, Raul qonuniga muvofiq bug' bosimining pasayishi ham bir xil bo'ladi. Bu natijalami *parşial molyar kattaliklar qoidasidan foydalanib ham olish mumkin.*

Muzlash haroratida eritmadagi erituvchi qattiq holdagi eruvchi bilan muvozanatda bo'ladi. Erituvchining eritmadagi kimyoviy potentsiali μ - muzlash haroratiga va eritmaning tarkibiga, qattiq holatdagi erituvchining kimyoviy potentsiali μ^0 esa muzlash haroratiga bog'liq. Suyuq va qattiq fazalar muvozanatda bo'lganda:

$$\mu_1(N_1T) = \mu_1^0(T) \quad (4.32)$$

T - muzlash harorati.

Bu ifoda to'la differentsiallansa:

$$\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial N_1}\right)_{T,P} dN_1 + \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial T}\right)_{N_1,P} dT = \left(\frac{\partial \mu_1^0}{\partial T}\right)_{P} dT \dots \quad (4.11)$$

va quyiga o'xshash

$$\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial T}\right) = -\bar{S}_1; \left(\frac{\partial \mu_1^0}{\partial T}\right) = -S_1^0 \quad (4.14)$$

bunda: \bar{S}_1 - erituvchining (ma'lum konsentratsiyada) eritmadagi partial mol entropiyasi, S_1^0 - bir mol toza erituvchining entropiyasi.

Bu ifodalar (4.32) ga qoyilsa:

$$\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial N_1}\right)_{T,P} dN_1 = \Delta \bar{S}_1 dT \quad (4.35)$$

Bu tenglamada $\Delta \bar{S}_1 = \bar{S}_1 - S_1^0$ eritma hosil b'lish jarayonidagi erituvchining partial molyar entropiyasining o'zgarishi. Tenglama (4.35) ga o'xshash

$$\Delta \bar{S}_1 = \frac{\Delta \bar{H}_1}{T} \quad (4.36)$$

T - muzlash harorati.

$\Delta \bar{H}_1$ - qattiq holdagi erituvchidan eritma hosil bo'lganda erituvchining partial molyar entalpiyasining o'zgarishi yoki muzlash haroratida qattiq erituvchining shu tarkibdagi eritmada differentsial erish issiqligi.

$\Delta \bar{H}_1$ - erituvchining molyar suyuqlanish issiqligi.

Demak, (4.34) va (4.35) tenglamadan:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial N_1}\right) = \frac{T}{\Delta \bar{H}_1} \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial N_1}\right)_{T,P} \quad (4.37)$$

Bu tenglamada $\left(\frac{\partial T}{\partial N_1}\right) > 0$ Demak N_1 kamayishi, ya'ni N_2 (erituvchi) ortishi bilan eritmaning muzlash harorati pasayib boradi.

Agar (4.37) tenglamaga $\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial N_1}\right)$ qiymati (IV.18) dan olib qoyilsa:

$$dT = \frac{RT^2}{H_1} d \ln N_1 \quad (4.37a)$$

bo'ladi va bu tenglamani T (eruvchining muzlash harorati) dan T_1 (eritmaning muzlash harorati) gacha va konsentratsiya $N=1$ dan N_1 gacha integrallansa:

$$\Delta T = \frac{T T_1}{H_1} \ln N_1 \quad (4.38)$$

kelib chiqadi. Suyultirilgan eritmalar uchun taxminan $T = T_1$ gat eng deb qabul qilish mumkin. $\ln N_1$ ni qatorlarga ajratilganda,

$$-\ln N_1 = -\ln(1 - N_2) = N_2 \quad (4.38a)$$

va eritma kuchli suyultirilganda eritmadagi erituvchini mollar sonini erituvchining mollar soniga teng, deb qabul qilish mumkin:

$$N_2 = \frac{n_2}{n_2 + \frac{M}{1000}} = \frac{n_2 \cdot M}{n_2 \cdot M + 1000} \quad (4.38b)$$

M - erituvchining molekulyar massasi, n_2 - 1000 erituvchidagi eruvchining mollar soni, ya'ni eritmaning molyal konsentratsiyasi (C) dir. Demak, (4.38) tenglamadan:

$$\Delta T = \frac{T T_1}{H_1} \ln N_1 = \frac{RT^2}{H_1} \frac{n_2 \cdot M}{1000} = \frac{RT}{H} C \quad (4.39)$$

H - yashirin suyuqlanish issiqligi.

$$\text{Agar } C \text{ bo'lsa: } \frac{RT^2}{H_1} - K \text{ bo'ladi va } \Delta T_m = M C \text{ ga tengdir} \quad (4.40)$$

K - krioskopik konstanta deyiladi

Eritmaning qaynash jaravoni uchun ham xuddi shu usulda tenglama keltirib chiqarish mumkin $E = \frac{RT^2}{H_1}$, \bar{H} - yashirin bug'lanish issiqligi va T - erituvchining qaynash harorati.

E - ebullioskopik konstantasini suv uchun hisoblab chiqaraylik: 1 g suv 100°C da bug'ga aylanganda 539 kkal issiqlik yutiladi, demak suvning ebullioskopik

$$\text{konstantasi: } E = \frac{RT^2}{1000 \cdot H} = \frac{1,987 \cdot 372^2}{1000 \cdot 539} = 0,516 \text{ ga teng} \quad (4.40a)$$

OSMOTIK BOSIM. Erituvchini o'tkazadigan, ammo erigan moddani o'tkazmaydigan parda *yarim o'tkazgich parda* deyiladi. Agar idishni yarim o'tkazgich membrana bilan ikki bo'limga bo'lsak birinчисiga eritma, ikkinчисiga

toza erituvchi quysak, erituvchi eritma tomonga o'ta boshlaydi. Erituvchining yano o'tkazgich membrana orqali past konsentratsiyali eritma tomonga bir vaqtning diffuziyasi – *osmos deyiladi*.



h balandlikda o'tish tezliklari tenglashadi, muvozanat qaror topadi. Shu muvozanat holatiga to'g'ri kelgan gidrostatik bosim - *osmotik bosim deyiladi*. Boshqacha aytganda erituvchining eritmaga o'tkazmasdan erituvchi bilan eritma orasidagi muvozanatni saqlash uchun eritmaga berilishi kerak bo'lgan bosim π - *osmotik bosim deyiladi*.

Osmotik bosim membrananing va eritmada erigan moddaning tabiatiga bog'liq bo'lmay, eritmaning konsentratsiyasiga bog'liq, xatto undan katta bo'lishi mumkin.

Muvozanatda toza erituvchining kimyoviy potentsiali μ_0 bilan uning eritmadagi kimyoviy potentsiali μ_1 o'zaro teng bo'ladi. Eritmadagi kimyoviy potentsial osmotik bosim π ga va eritmaning konsentratsiyasiga bog'liq. Muvozanat qaror topganda.

$$\mu_1(N, \pi) = \mu_0 \quad (4.41)$$

Bu ifodani $T = \text{const}$ da differtsiallasak va $d\mu_0 = 0$ ekanligini e'tiborga olsak:

$$\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial N} \right) dN_1 + \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial \pi} \right) d\pi = 0 \quad \text{kelib chiqadi} \quad (4.42)$$

Binobarin:

$$\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial \pi} \right) = \bar{V}_1 \quad (4.43)$$

Ushbu erituvchining eritmadagi partzial mol hajmi. (4.42) va (4.43) tenglamalarga ko'ra

$$\frac{d\pi}{dN_1} = \frac{1}{V_1} \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial N_1} \right)_{T, p} \quad (4.44)$$

Ushbu tenglama osmotik bosimni eritmaning konsentratsiyasiga va erituvchining bulyoviy potentsialiga (erituvchining xossasiga) bog'lanishini ifodalaydi.

Agar eritma cheksiz suyultirilgan bo'lsa, erituvchining partzial mol hajmi V_1 va erituvchining molyar hajmi V_1^0 ga teng, deb faraz qilish mumkin, u holda

$$\mu_1 = \mu_1^0 + RT \ln N_1; \quad d\mu_1 = RT d \ln N_1 \quad \text{bo'ladi.}$$

Ushbu holat e'tiborga olinsa (IV.44) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$\frac{\partial \pi}{d \ln N_1} = \frac{RT}{V_1^0} \quad (4.45)$$

Ushbu tenglamani 0 dan π gacha va N_1 dan 1 gacha integrallansa,

$$\pi = \frac{2,3RT}{V_1^0} \lg N_1 \quad (4.46)$$

$\lg N_1$ qatorlarga ajratilsa, $\lg N_1 = -\lg(1 - N_2) = N_2$

$$\pi = \frac{N_2}{V_1^0} RT$$

va $\frac{N_2}{V_1^0} = C$, ya'ni eritmaning konsentratsiyasi mol/l bo'lganda:

$$\pi = CRT \quad \text{bo'ladi} \quad (4.47)$$

Ushbu *Vant-Goffning osmotik bosim qonuni tenglamasi*dir. 1886 yilda *Vant-Goff* tajriba natijasida eritmalarining fizikaviy nazariyasini yaratdi va osmotik bosimni konsentratsiya hamda haroratga bog'liqlik qonuniyatlarini topdi. Ushbu tenglamada R ning son qiymati universal gaz doimiysining qiymatiga teng. Bu qonun *ideal eritmalar*gagina mosdir.

Bir xil haroratda turli moddalarning bir xil molyar konsentratsiyali eritmalarini *izotonik* bo'ladi, ya'ni osmotik bosimlari teng bo'ladi – degan fikrni aytgan. Bunday eritmalar - *izotonik eritmalar* deyiladi.

Real eritmalar uchun: $\mu_1 = \mu_1^0 + RT \ln a_1$

bu tenglamani N_1 - bo'yicha differentsiallab (4.44) tenglamaga qo'yilsa:

$$\frac{dn}{dN_1} = \frac{RT}{V_0} \left(\frac{\partial \ln a}{\partial N_1} \right) \quad (4.48)$$

Mazkur tenglamada V_0 - erituvchining partial molyar hajmi, real eritmalarde osmotik bosimning eritma konsentratsiyasiga qarab o'zgarishini ifoda qiladi. Uu tenglamani integrallash uchun eritma a_1 ning va erituvchi partial molyar hajmining eritma tarkibiga qarab o'zgarishi ma'lum bo'lishi kerak. Osmotik bosim eritmasda erigan moddaning miqdoriga bog'liq ravishda o'zgaradi. Uning tabiatiga bog'liq emas.

Noma'lum modda eritmasining osmotik bosimini o'lchash orqali ham uning molyar massasini aniqlash mumkin:

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}; \quad \pi = \frac{mRT}{M \cdot V}; \quad M = \frac{mRT}{\pi \cdot V}$$

Elektrolitlar eritmasi Raul va Vant-Goff qonunlariga bo'ysunmaydi. Vant-Goff tajriba natijalariga asoslangan holda: «elektrolitlar eritmasida molekulaning dissotsiatsiyalanishi hisobiga erigan modda zarrachalari soni ko'p bo'ladi», - degan xulosaga keldi. Shu sababli, elektrolit eritmalarida noelektrolit eritmalariga nisbatan qaynash harorati va osmotik bosimining ortishi hamda erituvchining to'yingan bug' bosimi va muzlash haroratarining pasayishi xuddi shu konsentratsiyali noelektrolitlamikiga nisbatan yuqori bo'lishi kuzatiladi. Bu o'zgarishlar moddaning dissotsiatsiyalanish darajasiga bog'liq.

Shu chetlanishlarni hisobga olgan holda Vant-Goff elektrolit eritmaları uchun Raul qonuniga tuzatish, ya'ni izotonik koeffitsient - i ni kiritdi.

Izotonik koeffitsient quyidagicha topiladi:

$$i = p^{nat}/p^{maz} = \Delta T_q^{nat} / \Delta T_q^{maz} = \Delta T_m^{nat} / \Delta T_m^{maz}$$

Izotonik koeffitsient elektrolit eritmaları uchun xar doim 1 dan katta bo'lib, suyultirish bilan ortib boradi.

Dissotsiatsiya darajasi va izotonik koeffitsient orasidagi bog'liqlikni quyidagicha ifodalash mumkin: $i = 1 - \alpha + n\alpha$ bundan $i = 1 + \alpha(n - 1)$ - bu

formula orqali tajribada izotonik koeffitsient miqdorini aniqlab, *kuchsiz elektrolitlarning dissotsiatsiyalanish darajasini hisoblab topish mumkin:*

$$i - 1 = \alpha(n - 1) \quad \text{yoki} \quad \alpha = \frac{i - 1}{n - 1}$$

i – izotonik koeffitsient; n – bitta molekula dissotsiatsiyalangandagi ionlar soni

α – dissotsiatsiyalanish darajasi

Noelektrolit eritmalarida $i = 1$, $\alpha = 0$. Elektrolit eritmaları uchun esa izotonik koeffitsientni hisobga olish kerak, ularda $i > 1$, $\alpha > 0$. U holda erigan moddaning molekulyar massasini aniqlash formulasi quyidagi ko' rinishda bo' ladi:

$$M = \frac{i \cdot K \cdot m_1 \cdot 1000}{\Delta T_m \cdot m_0} \qquad M = \frac{i \cdot E \cdot m_1 \cdot 1000}{\Delta T_1 \cdot m_0}$$

4.4. ERUVCHANLIK VA EKSTRAKTSIYA JARAYONI GAZLARNING SUYUQLIKLARDA ERISHI

Gazlar suyuqliklarda ma' lum miqdorda eriydi va bu caivchanlik gazning xiliga, erituvchi, harorat va parsial bosimga bog' liqidir.

Past bosimda gazlarning eruvchanligi parsial bosimga bog' liqligi Genri qonuni bo' yicha ifodalanadi:

$$N_2 = kP_2 \qquad (4.49)$$

Gaz bosimi P_2 uning gazdagi konsentratsiyasiga $N_{2, \text{gaz}}$ bog' liqligidan

$N_{2, \text{suyuq}} = kN_2$ kelib chiqadi.

Hunda: N_2 - suyuqlikda erigan gazning molar qismi;

P_2 - eritma ustidagi gazning parsial bosimi; k - Genri konstantasi.

Agar gaz konsentratsiyasi (C) 1 l eritmada grammlar bilan ifodalansa, (4.49) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$C = k^1 P \qquad (4.50)$$

Bu qonun faqat kichik bosimdagina o' z kuchini saqlaydi. Amalda (4.49) tenglamadagi eruvchanlikni molar qism (N) bilan emas, balki 1 litr eritmada erigan gaz hajmi (V) birligida ifodalash qabul qilinsa, Genri qonuni quyidagicha yoziladi:

$$V_T = k_p^1 \cdot P_2 \quad (4.51)$$

bunda: $V_T = T$ haroratda erigan gaz hajmi.

Gazlarning eruvchanligini aniqlashda eruvchanlik koeffitsiyenti (l) deb foydalaniladi:

$$l = k_1 \frac{RT}{P_2} \quad (4.52)$$

l - ma'lum haroratda bir hajm eritmada qancha hajm gaz eriganligini ko'rsatadi.

Ideal va o'ta suyutilgan real eritmalarda gazlarning eruvchanligi bosimga bog'liq emas. Ideal eritmalarda gazlarning eruvchanligi Raul qonuniga ko'ra aniqlanishi mumkin, ya'ni:

$$N_2 = \frac{P_2}{P_2^0} \quad (4.53)$$

bunda: N_2 - eritmada gazning molar qismi; P_2 — eritma bilan muvozanatda turgan toza gazning bug' bosimi; P_2^0 - shu haroratda suyuqlangan gazning to'yingan bug' bosimi.

Agar gaz ideal qonunga bo'ysunadi, deb faraz qilinsa, Gey- Lyussak qonuniga binoan:

$$\frac{V_T}{V^0} = \frac{T}{T^0} \quad \text{va} \quad \frac{k}{k_{yut}} = \frac{T}{T_0} = \frac{T}{T_0} = \frac{T}{236.16} \quad (4.54)$$

$1,013 \cdot 10^5 (\text{N/m}^2)$ parsial bosim, normal harorat 273 K da erigan gazning hajmi *adsorbtsiya (yutilish)* koeffitsiyenti deyiladi. (4.54) tenglamada $V_0=273,16$ K da erituvchining hajm birligida erigan gaz hajmi ($V_0 = k_{yut} \cdot R_2$), k_{yut} - gazning yutilish koeffitsiyenti.

Gazlar eriganda issiqlik ajraladi. Shu sababli Le-Shatele prinsipiga muvofiq harorat ortishi bilan eruvchanlik kamayadi, ya'ni $\frac{d \ln N}{dT} < 0$. Bu bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$\left(\frac{d \ln N}{dT} \right)_p = \frac{\Delta H_2}{RT^2} \quad (4.55)$$

Agar bu tenglama $T_2 \rightarrow T_1$ oralig'ida integrallansa:

$$\ln N = \int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta H_2}{RT^2} \cdot dT \quad (4.56)$$

Agar haroratga bog'liq bo'lmasa, ya'ni turg'un son deb faraz qilinsa, u holda

$$\ln \frac{N_2}{N_1} = \frac{\Delta H_0(T_1 - T_2)}{R \cdot (T_1 \cdot T_2)}, \quad (4.57)$$

hunda $N_2; N_1$ - $T_1; T_2$ va T_2 haroratdagi eruvchanlik. Moddalarning ideal eruvchanligi erituvchi tabiatiga bog'liq emas. Shreder tenglamasi bo'yicha ideal eruvchanlikni hisoblash mumkin:

$$\ln N_2 = \frac{\Delta H_0(T - T_{\text{eruvchilash}})}{2.3R \cdot T_{\text{eruvchilash}} \cdot T} \quad (4.58)$$

hunda: N_2 - to'yingan eritma hosil bo'lganda eruvchi moddaning molar qismi;

$T_{\text{eruvchilash}}$ - 1 mol toza eruvchining suyuqlanish harorati; ΔH_0 — 1 mol toza eruvchining suyuqlanish issiqligi; T - qattiq holdagi eruvchining eritma bilan muvozanatda turgan harorati.

IKKI SUYUQLIK QAVATIDA UCHINCHI MODDANING TAQSIMLANISHI. EKSTRAKTSIYA

Taqsimlanish qonuni.

Agar bir-biri bilan o'zaro aralashmaydigan suyuqliklar sistemasiga ularning ikkalasida ham eriydigan uchinchi bir komponent qo'shilsa, uchinchi komponent ikkita suyuqlikda ma'lum bir nisbatda erib, taqsimlanadi.

Musalan: suv-xloroform solingan idishga iod solinsa, u suv va xloroform qatlamlarida erib taqsimlanadi. Iod xloroformda yaxshiroq erigani uchun xloroform qatlamida iodning miqdori ko'proq bo'ladi. Iod qancha qo'shilishidan qat'iy nazar uning xloroform va suv qatlamlaridagi nisbati bir xilda bo'ladi. Muvozanatda bu uchinchi moddaning kimyoviy potentsiali ikkala qavatda bir xil bo'ladi: $\mu_1 = \mu_2$. Kimyoviy potentsiallar ifodasiga ko'ra:

$$\mu_{o,2} + RT \ln a_1 = \mu_{o,2} + RT \ln a_2 \quad (4.59)$$

hunda: a_1, a_2 - uchinchi moddaning birinchi va ikkinchi qatlamdagi termodinamik aktivligi,

$\mu_{o,1}, \mu_{o,2}$ - birinchi va ikkinchi qavatdagi uchinchi moddaning standart kimyoviy potentsiali. (4.61) tenglamadan

$$\ln \frac{a_2}{a_1} = \frac{1}{RT} (\mu_{0,2} - \mu_{0,1}) = \ln K \quad (4.60)$$

yoki

$$K = \frac{a_2}{a_1} \quad (4.61)$$

K - taqsimlanish koeffitsienti.

(4.61) tenglama - taqsimlanish qonunining umumiy ifodasidir.

Taqsimlanish qonuni uch komponentli sistemaning muvozanat xolatini ifodalaydi. (4.61)ga muvofiq, ma'lum haroratda $K = \text{const}$. Taqsimlanish koeffitsientining qiymati - haroratga va muvozanatda ishtirok etayotgan moddalarning tabiatiga bog'liq ho'lib, taqsimlanayotgan komponentning konsentratsiyasiga bog'liq emas.

Shunday qilib, muvozanatda uchinchi moddani ikkala qatlamdagi aktivliklari orasidagi nisbat o'zgarmas harorada o'zgarmas kattalidir.

Amaliy maqsadlar uchun suyultirilgan eritmalarda aktivlik o'rniga konsentratsiyani qo'llash mumkin:

$$K = \frac{C_2}{C_1} \quad (4.62)$$

bu quyidagicha ta'riflanadi:

"Bir - biri bilan aralashmaydigan suyuqliklar sistemasida taqsimlangan modda konsentratsiyalarining nisbati ayni haroratda o'zgarmas son bo'lib, muvozanatda ishtirok etayotgan moddalarning *absolyut va nisbiy miqdoriga* bog'liq emas".

K , K' -lar bir-biri bilan quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$K = \frac{a_2}{a_1} = \frac{\gamma_2 C_2}{\gamma_1 C_1} = K' \frac{C_2}{C_1}$$

Kuchli suyultirilgan sistemalarda $K = K'$. (VII.69, 70) tenglama - Nernstning taqsimlanish qonuni nomi bilan yuritiladi.

Agar erigan (*uchinchi*) modda erituvchilardan birida *dissotsialansa* yoki *assotsialansa*, buni e'tiborga olish kerak bo'ladi va taqsimlanish qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$K' = K_p K = \frac{C_1'}{C_1} \quad (4.63)$$

(4.63) tenglama *Shilovning taqsimlanish qonunidir*. n - dissotsialanish va assotsialanish natijasida zarrachalar sonining o'zgarishi. Agar $AB \rightarrow A+B$ jarayoni borayotgan bo'lsa $n=2$; agarda $2AB \rightarrow (AB)_2$ jarayoni borayotgan bo'lsa, $n = \frac{1}{2}$ teng bo'ladi.

Bunda a_1, a_2 - ma'lum bo'lsa va (4.61) tenglamadan foydalanilganda dissotsialanish va assotsialanishlarni hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki termodinamik aktivlik ifodasida bu jarayonlar hisobga olingan bo'ladi. Taqsimlanish qonuni yordamida ham termodinamik aktivlikni hisoblash mumkin.

Ekstraksiya. Ekstraksiya jarayoni moddaning bir-biri bilan amalda aralashmaydigan erituvchilar o'rtasida taqsimlanishiga asoslangan. Moddalarni eritmadan yoki qattiq moddalardan boshqa erituvchi (*ekstragent*) yordamida ajratib olishga ekstraksiya deyiladi. *Ekstragent* — eritma erituvchisi bilan aralashib ketmasligi va erigan modda unda yaxshiroq erishi kerak.

Ekstraksiya sanoatda keng qo'llaniladi. Masalan, benzol (*ekstragent*) yordamida chigitdan yog' ajratib olinadi. Yoki o'simliklardan efir moylari, glikozidlar, alkaloidlar va boshqa fiziologik aktiv moddalar ekstraksiya qilib ajratib olinadi. Ekstraksiya jarayoni *taqsimlanish qonuniga asoslangan* bo'lgani uchun, K ning qiymati *Idan* qancha katta bo'lsa, modda shuncha ko'p ajratib olinadi.

Ekstraksiyani *bir marta* yani, ekstragentni bir marta qo'shib olib borish mumkin va *bir necha bosqichda*, yani, partial ekstraksiya yo'li bilan olib boriladi. Bunda ekstragentni bir necha qismlarga bo'lib, ko'p marta ekstraksiya qilish mumkin. Ko'p marta ekstraksiya qilinsa, ajratish to'liqroq bo'ladi.

Ajratib olish darajasini aniqlash uchun tajribada olingan qiymat bilan nazariy hisoblangan qiymatni solishtirish mumkin. *Masalan:*

Erituvchining V_1 hajmida g_0 gramm ekstraksiya qilinadigan modda (erigan modda) bo'lsin. Unga V_2 hajm ekstragent qo'shib, ishlov berilganda birinchi erituvchida (*eritmada*) g_1 modda qolsin. Bunda ekstragentga ($g_0 - g_1$) gramm modda

o'tadi. Demak, birinchi erituvchida (*eritmada*) va ekstragentda moddalar konsentratsiyasi:

$$C_1 = \frac{g_1}{V_1} \quad C_2 = \frac{(g_0 - g_1)}{V_2} \quad (4.64)$$

bu qiymatlar (4.61) tenglamaga qoyilsa:

$$K = \frac{C_1}{C_2} = \frac{g_1 V_2}{V_1 (g_0 - g_1)} \quad (4.65)$$

bundan.

$$\begin{aligned} K \cdot g_1 V_2 &= g_0 V_1 - g_1 V_1 \\ K \cdot g_1 V_2 + g_1 V_1 &= g_0 V_1 \quad g_1 (K \cdot V_2 + V_1) = g_0 V_1 \\ g_1 &= g_0 \frac{K V_1}{K V_2 + V_1} \quad \text{ёКН} \quad g_1 = g_0 \frac{V_1}{K \cdot V_2 + V_1} \end{aligned} \quad (4.66)$$

Agar birinchi eritma yana shu miqdordagi V_2 - ekstragentning yangi miqdori (*portsiyasi*) bilan ishlangansa, birinchi erituvchida *ekstraksiya qilinmasdan qolgan modda* g_2 bo'ladi

$$g_2 = g_1 \frac{K V_1}{K V_1 + V_2} = g_0 \left(\frac{K V_1}{K V_1 + V_2} \right)^2 \quad (4.67)$$

agar bu jarayon n marta takrorlansa, ekstraksiya qilinmasdan qolgan modda miqdori

$$g_n = g_0 \left(\frac{K V_1}{K V_1 + V_2} \right)^n \quad \text{yoki} \quad g_n = g_0 \left(\frac{V_1}{K \cdot V_{2/n} + V_1} \right)^n \quad (4.68)$$

bo'ladi. n marta ekstraksiya qilingandan so'ng qolgan modda miqdori g_n ga teng bo'lsa, ekstraksiya qilingan miqdori $g_0 - g_n$ bo'ladi:

$$g_n = g_0 \left[1 - \left(\frac{K V_1}{K V_1 + V_2} \right)^n \right] \quad (4.69)$$

Demak, bu jarayonlarda $n V_2$ - ekstragent sarf bo'ladi. Agar ekstragent bilan bir yo'la birdaniga bitta jarayon (*y'a'ni* $n V_2$ hajmdagi ekstragent bilan) olib borilganda

ekstraksiya qilinmasdan qolgan modda g_0 bo'lsa, ekstraksiya qilingan miqdori $g_1 = g_0 - g_0'$ bo'ladi:

$$g_1 = g_0 - g_0' = g_0 \left[1 - \frac{KV_1}{KV_1 + nV_2} \right] \quad (4.70)$$

(4.69) va (4.70) tenglamalardan ko'rinib turibdiki, $g_0 \geq g_1$ ekstragentning ma'lum miqdori bilan ekstraksiya ekstragentning kichik ulushlarida bir necha bor olib borilganda, shu umumiy sarflangan ekstragent miqdori bilan bir yo'la olib borilgandagiga nisbatan ko'proq modda ekstraksiya qilinadi. Demak, kichik portsiyalar bilan qayta-qayta ekstraksiya qilingan taqdirda yaxshi natija chiqishi bilan birga, erituvchi ham kam sarf bo'ladi. Lekin, bo'lib-bo'lib ekstraksiya qilish ko'p vaqt talab qilishi va ko'p energiya sarf bo'lishini ham hisobga olish kerak.

Sanoatda ekstraksiya *qurshi oqim printsipli* bilan amalga oshiriladi. Ekstraksiya qilinayotgan suyuqlik kolonnada pastdan yuqoriga berilsa, ekstragent yuqoridan pastga tomon yuboriladi. Hamma qavatlarda ekstraksiya qilinuvchi eritma va ekstragent o'rtasida muvozanat qaror topadi. Kolonnaning yuqori qismida toza ekstragent ekstraksiya qilinuvchi eritma bilan uchrashib, undan ekstraksiya qilinuvchi moddani so'nggi miqdorlarini ajratib oladi. Kolonnaning pastki qismida ekstragent eritmaning yangi ulushi bilan uchrashadi va ekstragentda ekstraksiyalanayotgan modda miqdori ortadi.

NOELEKTROLIT ERITMALAR TERMODINAMIKASI BO'YICHA AMALIY YECHISH UCHUN MISOL VA MASHQLAR

1. 298 K da 10% li CaCl_2 eritmasining zichligi $1,22 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Eritma tarkibini molar qism (N), molar (m), molar (C), normal (n) konsentratsiyalar orqali ifodalang.

Yechish.

a) eritma molar qismi $- N_1 = \frac{n_1}{\sum n_i}$

Konsentratsiyaning bir ifodasidan boshqa ifodalariga o'tilganda, avval eritmaning gramm (g) va mol soni (l) bilan ifodalangan tarkibini aniqlash kerak. $g \approx n \cdot M$ o'tishda:

$$n = \frac{g}{M} = \frac{\text{moddaning gram miqdori}}{\text{moddaning molekular massasi}}$$

Tenglamasidan foydalaniladi:

$$M_{CaCl_2} = 40.1 + 2 \cdot 35.46 = 111.02 \approx 111$$

$$M_{H_2O} = 2 + 16 = 18$$

10% li eritma 10 g $CaCl_2$ va 90 g suv bor:

$$n_{NaCl_2} = \frac{0.0901}{0.0901 + 5} = 0.0177.$$

$\sum N_i = 1$ ga teng bo'lganligidan:

$$N_{H_2O} = 1 - 0.0177 = 0.9823 = 0.9823$$

b) molyal konsentratsiya (m):

$$= 0.0901 \text{ mol } CaCl_2 - 90 \text{ g suvda}$$

$$M \text{ mol} \quad - 1000 \text{ g suvda}$$

$$m = \frac{0.0901 \cdot 1000}{90} = 1$$

d) molar konsentratsiyani aniqlash uchun $d = \frac{m}{V}$ yordamida massa sistemasidan hajm sistemasiga o'tish kerak, ya'ni 100 g eritma qancha hajmni ishg'ol qilishini bilish kerak:

$$V = \frac{m}{d} = \frac{100}{1.22} = 81.967 \text{ sm}^3.$$

Demak, 0,0901 mol $CaCl_2$ — 81,967 sm^3 eritmada.

C — 1000 sm^3 eritmada esa

$$C = \frac{0,0901 \cdot 1000}{81.967} = 1,099;$$

e) normal konsentratsiya quyidagicha aniqlanadi: $CaCl_2$ tuzida 1 mol 2 gramm-ekvivalentga teng bo'lganligidan:

$$n = 2 \cdot 1,099 = 2,198.$$

2. 298 K da 0,0177 molar qismga teng bo'lgan CaCl_2 ning suvdagi eritmasining zichligi $1,22 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Eritma tarkibini foiz (%), molal, molar va normal konsentratsiyalar bilan ifodalang.

Yechish. Tarkibiy qismlarning mol va gramm miqdorini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$a) 0.0177 = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{CaCl}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}}} \text{ va } 0.9823 = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{CaCl}_2}} \text{ tenglamalarni}$$

yechib n_{CaCl_2} va $n_{\text{H}_2\text{O}}$ so'ngra $g = nM$ tenglamasidan foydalanib, eritmaning gramm bilan ifodalangan tarkibini aniqlash mumkin;

b) (qulayroq usul) tarkibiy qismlarning bittasi mol qiymatini (n) yuqoridagi tenglamalarning birortasiga qo'yib, ikkinchi moddaning mol miqdorini aniqlash mumkin. Faraz qilaylik, suvning mol miqdori 100 g eritmada, ya'ni:

$$N_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{100}{18} = 5.55 \text{ bo'ladi.}$$

Unda

$$0.0177 = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{CaCl}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}}} \text{ tenglamasidan}$$

$$n_{\text{CaCl}_2} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot N_{\text{CaCl}_2}}{1 - N_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.0177 \cdot 5.55}{0.9823} = 0.1$$

va

$$g_{\text{CaCl}_2} = 0.1 \cdot 111 = 11.1$$

$$g = 5.55 \cdot 18 = 100$$

Molal konsentratsiya (m):

0,1 mol CaCl_2 — 100 g suvda,

m mol — 1000 g suvda

$$m = \frac{0.1 \cdot 1000}{100} = 1$$

Foiz konsentratsiyada (%):

$$\text{Eritma massasi} = 100 + 11.1 = 111.1 \text{ g.}$$

111,1 g eritmada — 11,1 g $CaCl_2$

100 g eritmada — % $CaCl_2$

$$\% = \frac{10 \cdot 11,1}{111,1} = 10\%$$

Molar konsentratsiya (C) ni aniqlashda eritmaning hajmi aniqlanadi, ya'ni:

$$V = \frac{g}{d} = \frac{111,1}{1,22} = 91,005 \text{ sm}^3$$

91,005 sm^3 eritmada — 0,1 mol $CaCl_2$.

1000 sm^3 eritmada — C mol $CaCl_2$ bor.

$$C = \frac{0,1 \cdot 1000}{91,005} = 1,098 \text{ mol}$$

Normal konsentratsiya (n) quyidagicha hisoblanadi:

$$n = 2 C = 2 \cdot 1,098 = 2,196.$$

3. 298 K da 0,098 molal konsentratsiyali $CaCl_2$ eritmasining zichligi 1,22 g/sm^3 ga teng. Eritmaning molar qismi, foiz, molar va normal konsentratsiya ifodalari aniqlang.

Yechish. Misolni yechish uchun $CaCl_2$ va suv miqdorini mol hamda gram bilan ifodalash kerak. Masala shartiga ko'ra, eritma 0,098 mol $CaCl_2$ va 1000 g suvdan iborat. 1000 g suvning $n_{H_2O} = \frac{1000}{18} = 55,5 \text{ mol}$ $CaCl_2$ ning gram miqdori $n = \frac{g}{M}$ dan kelib chiqib:

$$g_{H_2O} = nM = 0,098 \cdot 111 = 108,78 \text{ g}.$$

$$\text{Molar qismi } N_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_{H_2O} + n_{CaCl_2}} = \frac{55,5}{55,5 + 0,098} = 0,998 \text{ va}$$

$$N_{CaCl_2} = 1 - N_{H_2O} = 1 - 0,998 = 0,002.$$

Foiz konsentratsiya (%):

Eritma massasi $m = 1000 \text{ g}$, suv + 108,78 g. $CaCl_2 = 1108,78 \text{ g}$,

1108,78 g eritmada — 108,78 g $CaCl_2$ bor.

100 g da — % $CaCl_2$

$$\bar{g} = \frac{108,78 \cdot 100}{1108,78} = 10\%$$

Molar konsentratsiya:

Oldin eritma hajmi aniqlanadi:

$$d = \frac{m}{V} \text{ dan } V = \frac{m}{d} = \frac{1108,78}{1,22} = 908,8 \text{ sm}^3$$

908,8 sm^3 eritmada — 0,098 mol $CaCl_2$

1000 g suvda — C mol CaCl_2

$$C = \frac{0,098 \cdot 1000}{98,8} = 1,078$$

Normal konsentratsiya:

$$n = 2C = 2 \cdot 1,078 = 2,156$$

4. 15°C da $2,31$ mol/molar konsentratsiyali H_2SO_4 ning zichligi $1,145$ g/cm³ ga teng. Eritma tarkibini normal, molar qism, molal, foiz konsentratsiyalarda ifodalang.

Yechish. Eritma tarkibining gramm (g) va mol soni (n) miqdorlarini hisoblaymiz.

$$\text{Eritma massasi } m = V \cdot d = 1000 \cdot 1,145 = 1145 \text{ g.}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = n \cdot M = 2,31 \cdot 98 = 226,38 \text{ g.}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1145 - 226,38 = 918,62 \text{ g.}$$

Molal konsentratsiyada (m):

$$918,2 \text{ g suvda} — 2,31 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$1000 \text{ g suvda} — m \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$m = \frac{2,31 \cdot 1000}{918,2} = 2,52 \text{ mol.}$$

Foiz konsentratsiyada (%):

$$1145 \text{ g eritmada} — 226,38 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$100 \text{ g eritmada} — \% \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$\% = \frac{226,38 \cdot 100}{1144,5} = 19,77\%$$

Normal konsentratsiyada (n):

$$n = 2C = 2 \cdot 2,31 = 4,62.$$

5. Massasi 2 g bo'lgan KCl 100 g suvda 298 K da erib, eritma hosil qilgan. Kaliy xloridning erish issiqligi topilgan. KCl ning molmassasi $M_{\text{KCl}} = 74,5$ ga teng.

Yechish. KCl eritmasining molal (m) konsentratsiyasini aniqlaymiz:

$$2/74,5 — 100 \text{ g } \text{H}_2\text{O}$$

$$m — 1000 \text{ g } \text{H}_2\text{O}$$

$$m = \frac{2 \cdot 10}{74,5} = 0,269 \text{ mol}/1000 \text{ g.}$$

Ma'lumotnomadan KCl ning suvda 298 K da erishining integral issiqligini topamiz.

$\Delta H_m = 17,56 \cdot 10^3 \text{ kJ/mol}$. Shunga ko'ra, 2 g KCl ning erish issiqligi quyidagicha hisoblanadi:

$$1 \text{ mol KCl} - \Delta H_{m,1}$$

$$0,269 \text{ KCl} - \Delta H_{m,2}$$

$$\Delta H_{m,2} = 0,269 \cdot 17,56 \cdot 10^3 = 4710 \text{ J} = 4,71 \text{ kJ}.$$

6. NaOH eritmasi 30,8 % dan 0,443% gacha suyultirilgan. Standard differensial erish issiqlik (ΔH) effektini aniqlang.

Yechish. Ma'lumotnomalarda konsentratsiyasi 1 mol NaOH ga n mol H_2O to'g'ri kelishi bilan ifodalangan suyultirish jarayonini sxema tarzida quyidagicha ifoda qilish mumkin:



Demak:

$$\Delta H_c = \Delta H_{m,2}(2 - \text{eritma}) - \Delta H_{m,1}(1 - \text{eritma})$$

va

1- va 2-eritmalarda $2NaOH$ n mol suvga to'g'ri kelganligini aniqlab, so'ng 1 : n nisbatga to'g'ri kelgan integral erish issiqlik- larini yuqoridagi tenglamaga qo'yish kerak bo'ladi.

$n_{NaOH} : n_{H_2O} = 23 + 16 + 1 = 40$ Shuning uchun eritma konsentratsiyasi % bilan ifodalangan 1 : n ifodasiga aylantiriladi:

$$\frac{30,8}{69,2} \text{ mol NaOH} \frac{69,2}{18,0} \text{ mol suvda erigan}$$

1 mol NaOH — x mol suvda erigan

$$x_1 = \frac{69,2 \cdot 40,0}{18,0 \cdot 30,8} = 5$$

5 mol suv 1 mol NaOH ga to'g'ri keladi ($1 : n = 1 : 5$).

Xuddi shunday:

$$\frac{0,443}{40,0} \text{ mol NaOH} \frac{99,558}{18,0} \text{ suvda erigan.}$$

$$x_2 = \frac{99,558 \cdot 40,0}{18,0 \cdot 0,443} = 500$$

demak, shuncha mol suv 1 mol NaOH ga to'g'ri keladi.

Integral standart erish issiqlik effekti ma'lumotnomadan olinadi.

$$n_{NaOH} : n_{H_2O} = 1 :$$

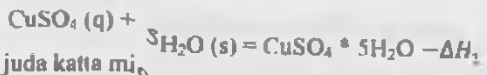
Uu nisbat $NaOH : H_2O = 1 : 500$ bo'lganda $\Delta H_m = -37,76 \text{ kJ}$.

Demak: $\Delta H_C = -42,36 - (-37,76)$ bo'lganda $\Delta H_m = -4,6 \text{ kJ}$.

Masala yechimiga ko'ra suyultirish $\Delta H_C = -4,6 \text{ kJ/mol}$.

7. Mis sulfat ($CuSO_4$) va suvning (H_2O) oddiy moddalardan standart hosil bo'lish issiqlik effektlari mos ravishda -771 va -286 kJ/mol ga teng. (Hidratlangan mis sulfatining $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ suvda integral erish issiqligi $11,7 \text{ kJ/mol}$ ga teng. 1 mol suvsiz mis sulfat $CuSO_4$ ning suvda erish issiqligi qanchaga teng?

Yechish. Faraz qilaylik, $CuSO_4$ ning suvda erishi ikki bosqich bilan boradi. Suvsiz tuzning suvlanishi:



Huvlangan tuzning juda katta miqdordagi ortiqcha suvda erishi:



Agar bu ikki tenglama qo'shilsa, issiqlik effektini aniqlash kerak bo'lgan reaksiya kelib chiqadi:



Demak:

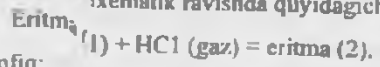
$$\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

va Hess qonuniga muvofiq: $\Delta H_3 = \Delta H_1 (CuSO_4 \cdot 5H_2O \text{ ning hosil bo'lishi}) - \Delta H_2$

$$\Delta H_3 = -2280 - (-771 - 5 \cdot 286) + 11,7 = -67 \text{ J}$$

8. 298 K va $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosimda 3 kg 10% HCl eritmasida gazsimon 0,1 kg HCl eritilgan. Erish (konsentrlash) issiqlik effektini aniqlang.

Yechish. Erish jarayonini sxematik ravishda quyidagicha tasvirlash mumkin:



(4.16) tenglamaga muvofiq:

$$\Delta H_C = \Delta H_{m_2} - \Delta H_{m_1}$$

ΔH_{m_1} — (1) eritma hosil bo'lish jarayonidagi issiqlik effekti, ΔH_{m_2} — (2) eritma hosil bo'lish jarayonidagi issiqlik effekti. Yuqoridagi tenglama 1 mol eritma uchun to'g'ri ($n = 1$). Eritgan n modda uchun ΔH_{m_1} va ΔH_{m_2} larni erigan moddalarning mol soniga ko'paytirish kerak:

$$\Delta H_c = (n_1 + n_2)\Delta H_{m_2} - n_1\Delta H_{m_1}$$

n_1 — eritma (1) dagi HCl ning mol soni, n_2 — 10% li eritmada erigan HCl ning mol soni.

n_1 , n_2 va suv mollari aniqlanadi (kg dan grammga o'tiladi):

$$n_{H_2O} = \frac{3000 \cdot 0,9}{18} = 150; n_1 = \frac{3000 \cdot 0,1}{36,5} = 8,219; n_2 = \frac{100}{36,5} = 2,739$$

Bu miqdorlarning molar qismi ifodasiga o'tkaziladi:

$$\frac{n_{H_2O}}{n_1} = \frac{150}{8,219} = 18,26; \frac{n_{H_2O}}{n_1 + n_2} = \frac{150}{8,219 + 2,739} = 13,69$$

Ma'lumotnomadan integral crish issiqligi topiladi:

$$\Delta H_{m_1} = -71,6; \Delta H_{m_2} = 70,6 \text{ kJ/mol.}$$

Bu ma'lumotlar yuqoridagi tenglamaga qo'yilsa:

$$\Delta H_n = (n_1 + n_2)\Delta H_{m_2} - n_1\Delta H_{m_1} = [(8,219 + 2,739) \cdot (-70,6)] - [8,219 \cdot (-71,6)] = 185,2 \text{ kJ.}$$

9. 100°C da 5% li shakar ($C_{12}H_{22}O_{11}$) eritmasining bug' bosimi va suvli eritmadagi glitserin miqdorini foizda hisoblang. Bunda glitserinning suvli eritmasi bug' bosimi 5% li shakar eritmasi bug' bosimiga teng hamda 5% li shakar eritmasi o'ta suyultirilgan eritmalar qonuniga bo'ysunadi, deb hisoblansin. Glitserin $C_3H_8O_3$ ning mol massasi $M_2 = 92,09$ ga teng. Shakarning mol massasi $M_1 = 342$.

Yechish. 1) 5% li shakar eritmasining bug' bosimini yuqoridagi tenglamalar asosida hisoblaymiz:

$$P_1 = N_1 P_1^0 = P_1^0 (1 - N_2) \text{ va } P_1 = P_1^0 - P_1^0 N_2$$

bunda: $P_1^0 = 760 \text{ mm sim. ust.}$

$$P_{H_2O} = 760 - 0,0028 \cdot 760 = 757,87 \text{ mm. sim. ust.}$$

Shakarning suvdagi molar qismi quyidagicha aniqlanadi:

$$N_2 = \frac{\frac{P_2}{N_2}}{\frac{P_2}{N_2} + \frac{P_1}{N_1}} = \frac{\frac{342.3}{100}}{\frac{342.3}{100} + \frac{92}{100}} = 0.0028.$$

Suvli eritmadagi glitserinning foiz miqdorini aniqlaymiz. Masala shartiga ko'ra, glitserin eritmasi bug' bosimi shakar eritmasi bug' bosimiga teng, shu sababli glitserinning molar qismi 0,0028 ga teng. Glitserinning konsentratsiyasi:

$$B_2 = \frac{100 \cdot N_2 + M_2}{N_2 \cdot M_2 + N_1 \cdot M_2} = \frac{100 \cdot 0.0028 + 92.09}{0.0028 \cdot 92.04 + 0.9972 \cdot 18} = 1.42\%$$

10. Metil xlorid ustidagi to'yingan bug' bosimi 273K da $P_{CH_3Cl}^0 = 2,64 \cdot 10^5 Pa$, etil xlorid eritmasi ustidagi bug' bosimi esa $P_{C_2H_5Cl}^0 = 0,638 \cdot 10^5 Pa$ ga teng. Etil xloridning metil xloridagi eritmasi Raul qonuniga bo'ysunadi deb qabul qilinib, 50% li eritmadagi bug' tarkibi (molar qismi) aniqlansin.

Yechish. Masala shartida moddalarning to'yingan bug' bosimi berilgan. Bug' bosimlaridan eritmaning bug'dagi tarkibiy qismi mol soniga o'tish uchun Daltonning parsial bug' bosimi qonunidan foydalaniladi:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1}{P_2},$$

bunda: n_1, n_2 — moddalarning bug'dagi mol soni.

Demak, avvalo parsial bug' bosimlarini aniqlash kerak. Bug'ning tarkibini aniqlash uchun metil xlorid va etil xloridning parsial bosimlari Raul qonuni tenglamasidan foydalanib hisoblanadi.

Masala shartiga ko'ra, eritma tarkibi foiz miqdorida berilganligi sababli, oldin uni mol miqdorga va so'ngra molar qismga aylantirish kerak:

$$M_{CH_3Cl} = 50.5 ; M_{C_2H_5Cl} = 64.5$$

100 g eritmada mol miqdorlar teng :

$$n_{CH_3Cl} = \frac{50}{50.5} = 0.99,$$

$$n_{C_2H_5Cl} = \frac{50}{64.5} = 0.775.$$

Eritmadagi molar qismini hisoblaymiz:

$$N_{CH_3Cl} = \frac{0.99}{0.99 + 0.775} = 0.561,$$

$$N_{C_2H_5Cl} = \frac{0.775}{0.99 + 0.775} = 0.439.$$

Parsial bug' bosimlarini aniqlaymiz:

$$P_{CH_3Cl} = P_{CH_3Cl}^0 \cdot N_{CH_3Cl} = 2.64 \cdot 10^5 \cdot 0.561 = 1.48 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{C_2H_5Cl} = P_{C_2H_5Cl}^0 \cdot N_{C_2H_5Cl} = 0.638 \cdot 10^5 \cdot 0.433 = 0.28 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Endi bug'ning tarkibini molar qismda topamiz. Daltonning parsial bosimlar qonuniga muvofiq:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

Demak,
$$N_{bug', CH_3Cl} = \frac{P_{CH_3Cl}}{P_{CH_3Cl} + P_{C_2H_5Cl}} = \frac{1.48}{1.48 + 0.28} = 0.841,$$

$$N_{bug', C_2H_5Cl} = \frac{P_{C_2H_5Cl}}{P_{CH_3Cl} + P_{C_2H_5Cl}} = \frac{0.28}{1.76} = 0.159.$$

11. Uchuvchan bo'lmagan (*qattiq modda*) eruvchi modda tutgan suvli eritmaning bug' bosimi toza erituvchi (suv)ning bug' bosimidan 2% kam. Eritmaning molar konsentratsiyasi (*m*)ni aniqlang.

Yechish. (4.18) tenglamadan foydalanamiz. Agar suvning bug' bosimi 100 mm simob ustuniga teng deb faraz qilinsa, masala shartiga muvofiq eritma bug' bosimi 2% ga kam, ya'ni 98 mm sim. ust.ga teng bo'ladi:

$$\frac{P_1^0 - P_1}{P_1^0} = \frac{100 - 98}{100} = N_2 ; N_2 = 0.2$$

Molar qismdan eruvchi moddalarning mol soni (*n*) aniqlanadi:

$$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

n_1 — suvning mol soni:
$$n_2 = \frac{1000}{18} = 55.56.$$

$$N_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \cdot 0.02 = \frac{n_2}{55.56 + n_2}.$$

Bu tenglamadan: $n_2 = m = 1.134 \text{ mol}.$

Demak, 1000 g suvda 1,134 mol eruvchi modda erigan, ya'ni:

$$m = 1,134.$$

12. Muzlash harorati 315 K, krioskopik doimiysi 5,2 bo'lgan n toluidin ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$) ning suyuqlanish issiqligini aniqlang.

Yechish. (VI.25) tenglamadan foydalanib ΔH_{suyuq} ni topamiz:

$$\Delta H_{\text{suyuq}} = \frac{R(T_0)^2}{1000 \cdot K} = \frac{8.31 \cdot 10^3 \cdot 315^2}{1000 \cdot 5.2} = 1.59 \cdot 10^5 (\text{J/kg}).$$

13. Texnik sirka kislota 16,4°C da muzlaydi. Toza holdagi sirka kislota esa 16,7°C da muzlaydi va uning krioskopik doimiysi 3,9 ga teng. Texnik sirka kislotadagi qo'shimchalarning molal konsentratsiyasini hisoblang.

Yechish. Sirka kislotaning qo'shimchalar ishtirokidagi muzlash harorati pasayishini aniqlaymiz:

$$\Delta T_m = T^0 - T_m = 16.7 - 16.4 = 0.3^0$$

(VI.31) tenglamaga muvofiq 1000 g dagi sirka kislota qo'shimchalari miqdorini, ya'ni konsentratsiyasini hisoblaymiz:

$$m = \frac{\Delta T}{K} = \frac{0.3}{3.9} = 0.08 \text{ mol}$$

14. Tarkibida 100 g benzol va 0,2 g tekshirilayotgan moddasi bor eritmaning muzlash harorati toza benzolning muzlash haroratiga nisbatan 0,17 K ga past. Krioskopik konstantasi 5,16 grad/mol ga teng. Moddaning molekular massasini hisoblang.

Yechish. Eritmada erigan moddaning molekular massasini (4.28) tenglamadan foydalanib topamiz:

$$M = \frac{1000 \cdot 5.16 \cdot 0.2}{100 \cdot 0.17} = 60.23$$

15. Kamforaning krioskopik doimiysi 40 ga, suyuqlanish harorati 452 K ga teng. Tarkibida 1% mochevina - $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ bo'lgan kamfora aralashmasining suyuqlanish haroratini toping. Mochevinaning molekular massasi = 60.

Yechish. (4.24) tenglamaga muvofiqva $T = T_0 - \Delta T$. Demak, masalani yechish uchun avval ΔT aniqlanishi kerak. Bu (4.27) tenglamadan topiladi.

Masala sharti bo'yicha eritma $g = 1$ g mochevina va $- 99$ g kamforadan iborat.

(4.27) tenglamaga muvofiq:

$$\Delta T = \frac{K \cdot g \cdot 1000}{G \cdot M_2} = \frac{40 \cdot 1 \cdot 1000}{99 \cdot 60} = 6.75.$$

$\Delta T = T_0 - T$ (T_0 — erituvchi, T — eritmaning muzlash harorati) bo'lganligidan:

$$T = T_0 - \Delta T = 452 - 6.75 = 445.25 \text{ K}.$$

16. 373 K da bug'lanish issiqligi $2,464 \cdot 10^3$ J/mol bo'lgan suvning ebullioskopik konstantasini aniqlang.

Yechish. (4.30) tenglamadan foydalanib, E ni hisoblaymiz:

$$E = \frac{8.314 \cdot 373.16^2}{1000 \cdot 2.464 \cdot 10^3} = 0.513 \text{ kmol/1000kg}.$$

17. Elektrolit bo'lmagan 0,6 g modda 25 g suvda eriganda eritmaning qaynash harorati $0,204^\circ\text{C}$ ga ko'tariladi. Shu moddaning 0,3 g i 20 g benzolda eriganda esa eritmaning qaynash harorati $0,668^\circ\text{C}$ ga ortadi. Suvning ebullioskopik doimiysi 0,512. Benzolning ebullioskopik doimiysini toping.

Yechish. (4.30) tenglama bo'yicha $E = \frac{M_2 + G \cdot \Delta T}{1000 + g}$, bunda M_2 ni aniqlash kerak

U ni suvli eritma ma'lumotlaridan foydalanib topish mumkin.

(4.31) tenglamaga binoan suvda erigan moddaning molekular massasi:

$$M_2 = \frac{E_{H_2O} \cdot g \cdot 1000}{\Delta T_q \cdot G} = \frac{0.512 \cdot 0.6 \cdot 1000}{0.204 \cdot 25} = 60$$

Shu tenglamadan foydalanib benzolning ebullioskopik doimiysini topamiz:

$$E_{C_6H_6} = \frac{\Delta T_q \cdot M_2 \cdot G}{g \cdot 1000} = \frac{0.668 \cdot 60 \cdot 20}{0.3 \cdot 1000} = 2.67$$

18. Suvning bug'lanish issiqligi $\Delta H_{buq} = 40.685$ kJ/molga teng.

Uning ebullioskopik konstantasini toping.

Yechish. Suvning ebullioskopik konstantasini (4.30) tenglamadan foydalanib hisoblaymiz:

$$E = \frac{8.314 \cdot 373.16^2 \cdot 18}{1000 \cdot 40.685} = 0.512 \text{ grad/mol}.$$

19. Harorat 458 K da anilinning bugManish issiqlik effektini hisoblang. Tajriba asosida aniqlangan uning ebullioskopik konstantasi 3,69 ga teng.

Yechish. Ebullioskopik konstantani hisoblash uchun keltirilgan (4.30) tenglamadan ΔH_{bug} ni topamiz:

$$\Delta H = \frac{R \cdot (T_q)^2 \cdot M_1}{1000 \cdot E} = \frac{8.31 \cdot 10^3 \cdot 458^2 \cdot 18}{1000 \cdot 3.69} = 472 \text{ kJ}$$

20. 0,01 mol uchmaydigan modda 200 g suvda eritilgan. Suvning ebullioskopik konstantasi 0,512. Eritmaning qaynash haroratini toping.

Yechish. $\Delta T = T - T_{H_2O}$ va $T = T_{H_2O} + \Delta T$.

Bunda T_{H_2O} - suvning, T - eritmaning qaynash harorati. $T_{H_2O} = 373,16$ ga teng. Demak, masalani yechish uchun ΔT ni aniqlash kerak. $\Delta T = E \cdot m$, bunda m - eritmaning molal konsentratsiyasi.

Masala shartiga ko'ra, 0,01 mol modda - 200 g suvda, m - 1000 g suvda eriganda:

$$m = \frac{0.01 \cdot 1000}{200} = 0.05$$

ga teng bo'ladi.

Shunga ko'ra: $\Delta T = 0,512 \cdot 0,05 = 0,0256$.

Endi T_q ni topish mumkin:

$$T = T_{H_2O} + \Delta T = 373,16 + 0,0256 = 373,186 \text{ K.}$$

21. Kislorodning 298 K da va bosim $399,9 \cdot 10^1 \text{ N/m}^2$ bo'lganda suvdagi eruvchanligi $16 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ga teng. Genri koeffitsiyentini hisoblang.

Yechish. Gazning eruvchanligi Genri qonuniga binoan (4.32) tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$N_2 = kr ; k = \frac{N_2}{P} ;$$

$$k = \frac{16 \cdot 10^{-3}}{399,9 \cdot 10^2} = 0.04 \cdot 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{N}} \cdot \text{m}^2$$

22. Suv ustidagi gaz aralashmasi hajm birligida 78% N_2 va 22% O_2 dan iborat. Harorat $0^\circ C$ bo'lganda azotning eruvchanlik koeffitsiyenti $f_{N_2} = 0,024$ va kislorodning eruvchanlik koeffitsiyenti $f_{O_2} = 0,049$ ga teng. Erigan gaz aralashmasining suyuqlikdagi foiz tarkibini aniqlang.

Y e c h i s h . Masalani yechish uchun : 1) $1 m^3$ suvda erishi mumkin bo'lgan N_2 va O_2 ning hajm birligidagi miqdorini hisoblaymiz.

$$N_{2,suyuq} = k \cdot N_{2,gaz} \text{ tenglamaga muvofiq}$$

Demak, $N_{2,suyuq}$ ni aniqlash uchun N_2 gazning hajmini bilish kerak.

$$V_{N_2} = 0.024 \cdot 0.78 = 0.01872 m^3$$

$$V_{O_2} = 0.049 \cdot 0.22 = 0.01078 m^3$$

Shunga ko'ra, $1 m^3$ suvda erigan gaz hajmi:

$$0,01872 + 0,01078 = 0,0295 m^3;$$

2) suvda erigan gazning foizli tarkibini topamiz:

$$N_{N_2} = \frac{0.01872 \cdot 10001}{0.01872 + 0.078} = \frac{0.01872 \cdot 100}{0.0295} = 63.46 \%$$

$$N_{O_2} = \frac{0.01078 \cdot 100}{0.0295} = 36.54 \%$$

23. $295 K$ va $51987 N/m^2$ bosimda anilin eritmasida H_2S ning eruvchanligi $10,6 kg/m^3$. Bosim $P = 154628 N/m^2$ bo'lganda shu haroratda eruvchanlik $31,6 kg/m^3$ ga teng. Shunday sharoitda Genri qonuni saqlanib qoladimi?

Y e c h i s h . (4. 36) tenglamaga muvofiq:

$$k = \frac{P}{N_2}$$

Gaz fazasi bilan muvozanatda turgan eritma bosimining eruvchanlikka nisbati Genri koeffitsiyentiga teng. U esa bosimning o'zgarishiga bog'liq emas. Shunga ko'ra:

$$\frac{51987}{10.6} = 4904.4; \quad \frac{15628}{31.6} = 4893.3$$

Olingan natijalar shunday sharoitda gazning eruvchanligi Genri qonuniga bo'ysunishini ko'rsatadi (farq 0,2% ni tashkil qiladi).

24. Harorat 0°C va bosim $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bo'lganda asetilenning etanoldagi eruvchanligini hisoblang. Eritmani ideal eritma deb hisoblang. Suyuq asetilenning bug' bosimi $26,64 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Etanolning zichligi $0,789 \text{ g/ml}$. 0°C va $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ bosimda 8 hajm asetilen 1 hajm etanolda eriydi.

Yechish. 1) (4.36) tenglamaga binoan ideal eritmadagi asetilenning molar qismi aniqlanadi:

$$C_{C_2H_2} = \frac{P}{P^0} = \frac{1,013 \cdot 10^5}{26,64 \cdot 10^5} = 0,038$$

2) 100 g 97% li spirt qancha hajmni egallashini topamiz:

$$V_{sp} = 97 / 0,789 = 123 \text{ ml.}$$

3) 123 ml spirtga erigan asetilen egallagan hajmni aniqlaymiz:

$$V_{C_2H_2} = 123 \cdot 8,5 = 1045 \text{ ml.}$$

4) spirtdagi asetilenning mol miqdorini topamiz. Asetilenning mol soni:

$$n_{C_2H_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 1045 \cdot 10^{-6}}{8,314 \cdot 273} = 0,0467$$

Etanolning mol soni esa: $n_{C_2H_5OH} = \frac{97}{46} = 2,11 \text{ mol}$

Shulardan foydalanib, asetilenning eritmadagi eruvchanligi molar qismini hisoblaymiz:

$$N_{C_2H_2} = \frac{0,0467}{2,11 + 0,0467} = 0,022$$

Asetilenning eruvchanligidagi bunday farq ($0,16 = 0,038 - 0,022$) uning spirtdagi eritmasi ideal eritma deb hisoblanishi mumkin emasligini ko'rsatadi.

25. Pikrin kislotaning $0,02 \text{ m}$ suvli eritmasi benzolda erigan $0,07 \text{ m}$ pikrin kislotasi bilan muvozanatda turibdi. Pikrin kislotasi suvda qisman dissotsilanadi va uning dissotsilanish darajasi $0,9$ ga teng bo'ladi. Pikrin kislotaning benzol va suv qatlamlarida taqsimlanish koeffitsiyenti hisoblansin.

Yechish. Masalani yechish uchun (4.47) tenglamadan foydalanamiz, ya'ni:

$$K = \frac{0.07}{0.02(1 - 0.9)} = 35$$

26. Yodning suv va uglerod (IV) sulfid (CS_2) da taqsimlanish koefitsiyenti 0,0017 ga teng. Tarkibida 1 g/l yod bo'lgan suvli eritma uglerod (IV) sulfid bilan chayqatiladi. Agar:

1) 1 l yodning suvli eritmasi 0,05 uglerod (IV) sulfid eritmasi bilan chayqatilayotgan bo'lsa;

2) 1 l yodning suvli eritmasiga uglerod (IV) sulfidning 5 marta 0,001 l hajmli eritmasidan alohida-alohida solish bilan chayqatib, suvli eritmada qolgan yodning miqdorini toping.

Yechish. (4.50) tenglama bo'yicha $n = 1$ bo'lgandagi q_1 ni (ekstraksiya qilingan) topamiz:

$$q_1 = 1 - \frac{0.0017 \cdot 1}{0.0017 \cdot 1 + 0.05} = \frac{0.0017}{0.0517} = 0.033.$$

Demak, ekstraksiya natijasida $q_2 = q_0 - q_1 = 1,000 - 0,033 = 0,967$ g modda ajratib olingan.

(4.52) tenglama bo'yicha $n = 5$ ga teng bo'lgandagi q_5 ni (ekstraksiyalan-magan) hisoblaymiz:

$$q_5 = 1 - \left[\frac{0.0017 \cdot 1}{0.0017 \cdot 1 + 0.01} \right]^5 = \left[\frac{0.0017}{0.0117} \right]^5 = [0.145]^5 = 6.45 \cdot 10^{-5} \text{ g}.$$

Demak, 5 marta ekstraksiya qilingandan so'ng yod deyarli 100% ekstraksiya qilingan.

MUSTAQIL RAVISHDA AMALIY YECHISH UCHUN MASALALAR

1. Eritma 50% H_2O , 35% C_2H_5OH va 15% CH_3COOH dan iborat. Komponentlarning molar qismini toping.

2. 50% li $AgNO_3$ ning suvli eritmasi uchun (zichligi 1,668 g/ml) $20^\circ C$ da molar qismi va normal konsentratsiya ifodasini aniqlang.

3. Konsentratsiyasi 30% bo'lgan $CaCl_2$ ($d = 1,282$ g/ml) suvli eritma uchun molar qismi va normal konsentratsiya ifodasini toping.

4. 200 g benzol, 100 g etil spirti va 50 g asetonni o'zaro aralashirib eritma hosil qilingan. Shu eritma komponentlarining molar qismi qanchaga teng?

5. 10% li NaCl eritmasining zichligi $1,071 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Eritma tarkihidagi NaCl ning 1000 g suvdagi molar qismini toping.

6. Konsentratsiyasi 10% bo'lgan sulfat kislota eritmasining molal va molar qismini ifodasidagi konsentratsiyalarini aniqlang.

7. Tarkibida $1,405 \text{ mol/l}$ miqdorda AgNO_3 erigan eritmaning molar qismi, foiz, molal va normal konsentratsiyasini toping. Eritmaning 20°C dagi zichligi $1,194 \text{ g/ml}$ ga teng.

8. Zichligi 20°C da $1,05 \text{ g/ml}$ ga teng HCl ning eritmada molar qismi 0,05 ga teng. Shu eritmaning foiz, molar, molal va normal konsentratsiyalarini hisoblang.

9. 2,31% li NH_3 eritmasining zichligi $0,99 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Eritmaning molal, molar konsentratsiyasi va molar qismini toping.

10. 20°C da zichligi 1,045 bo'lgan 4,462% li CuSO_4 eritmasining molar va molal konsentratsiya qiymatini aniqlang.

11. 60% li ortofosfat kislota eritmasining 293 K dagi zichligi 1426 kg/m^3 ga teng. H_3PO_4 ning molar qismi, molal va molar konsentratsiyalarini toping.

12. Konsentratsiyasi $1,65 \text{ mol/1000 g}$ bo'lgan FeSO_4 eritmasining zichligi $1,213 \text{ g/ml}$ ga teng. Eritmaning molar qismi, foiz, molar va normal konsentratsiyasini hisoblang.

13. Konsentratsiyasi 30% bo'lgan AlCl_3 eritmasining 293 K dagi zichligi $1,242 \text{ g/ml}$ ga teng. Eritmaning molar qismi, molal, molar va normal konsentratsiyasini aniqlang.

14. Metil spirti CH_3OH ning 20% suvli eritmasi zichligi $0,9681 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Eritmaning molar, molal konsentratsiya qismini toping.

15. KCl eritmasida 250 g KCl va 1000 g H_2O bor. Eritma zichligi $1,133 \text{ g/sm}^3$. Eritmaning molar qismi, molar, molal va foiz konsentratsiyasini toping.

16. 20 g NH_4NO_3 100 g eritmada eritilgan. Suvli ammoniy nitrat (NH_4NO_3) eritmasining hajmi $92,35 \text{ sm}^3$, erituvchi hajmi $80,14 \text{ sm}^3$ ga teng. NH_4NO_3 ning eritmadagi parsial mol hajmini toping.

17. Tarkibida 35 g NH_4NO_3 bo'lgan 100 g eritmaning hajmi $86,87 \text{ sm}^3$ va erituvchi hajmi $57,5 \text{ sm}^3$ ga teng. NH_4NO_3 eritmasining parsial mol hajmini hisoblang.

18. Metil spirtining 60% li suvli eritmasining 293 K dagi zichligi $0,8946 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Suvning eritmadagi parsial mol hajmi $16,8 \text{ sm}^3/\text{mol}$. Spirtning parsial mol hajmini aniqlang.

19. Konsentratsiyasi 20% bo'lgan metil spirti eritmasida suvning parsial mol hajmi $18 \text{ sm}^3/\text{mol}$, spirtniki $37,8 \text{ sm}^3/\text{mol}$ ga teng. Eritmaning mol hajmini toping.

20. Quyidagi ma'lumotlar asosida grafik usul bilan eritmadagi FeCl_3 ning parsial mol hajmini aniqlang. Eritmaning molalligi $m = 0,4$ ga teng.

100 g suvdagi FeCl_3 ning mol soni	0,0000	0,0126	0,0257	0,0394	0,0536
100 g suv tutgan eritma hajmi	100,13	100,58	100,98	101,38	101,73

21. Tarkibida 30% NH_3 bo'lgan suvli eritma zichligi $0,8951 \text{ g/sm}^3$, suvning parsial mol hajmi 18 sm^3 ga teng. Ammiakning eritmadagi parsial mol hajmini toping.

22. Molalligi $m = 0,3$ bo'lgan eritmadagi CuSO_4 parsial mol hajmini grafik usul bilan quyidagi natijalar asosida toping:

Eritmadagi CuSO_4 , %	1,912	3,187	4,462	5,737
Eritma zichligi, g/sm^3	1,0190	1,031	1,0450	1,0582

23. 1000 g suvda erigan NaCl eritmasi hajmi tuzning mol soni bilan quyidagi tenglama bo'yicha bog'langan:

$$V = 1000 + 16,4n_2 + 2,5n_2^2 - 1,2n_2^3$$

Molalligi $m = 0,5$ bo'lgan eritmadagi NaCl ning parsial mol hajmini toping.

14. Talliy (2) — simob (1) dan 298 K da va N_2 konsentratsiyada 1 kg eritma hosil bo'lganda quyidagi berilgan ma'lumotlardan foydalanib, parsial mol entalpiya, ko'zgarik potensial va entropiyaning o'zgarishini aniqlang. $N_2 = 0,050$ (talliy atomi miqdori)

$$\Delta \bar{G}_1 = -154,8 \text{ J/mol}; \quad \Delta \bar{G}_2 = -9000 \text{ J/mol},$$

$$\Delta \bar{S}_1 = 0,25 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot ^\circ\text{C}; \quad \Delta \bar{S}_2 = 22,01 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot \text{grad}.$$

25. Tarkibida 62% Cu bo'lgan qotishmaning mol hajmini toping. Mis zichligi $8,9 \text{ g/cm}^3$ ga, ruxniki esa $7,1 \text{ g/cm}^3$ ga teng. Qotishma hajmi, tarkibiy qismlar ekkettivdir.

26. 1 mol HCl ning 3 mol H_2O da erigandagi erish issiqligini hisoblang. Bunda H_2O ning parsial mol entalpiya o'zgarishi $36,28 \text{ kJ/mol}$, HCl niki $-5,77 \text{ kJ/mol}$ ga teng.

27. 1 mol HCl ning 10 mol H_2O da erigandagi erish issiqligini hisoblang. Bunda H_2O ning parsial mol entalpiyasi o'zgarishi $11,38 \text{ kJ/mol}$, HCl niki $4,18 \text{ kJ/mol}$ ga teng.

28. 1 mol HCl ning 50 mol H_2O da erigandagi erish issiqligini hisoblang. Bunda H_2O ning parsial mol entalpiyasi o'zgarishi $3,29 \text{ kJ/mol}$, HCl niki $0,60 \text{ kJ/mol}$ ga teng.

29. 1 mol $ZnCl_2$ ning 13 mol H_2O da erigandagi $\Delta H_e = 10000 \text{ kJ/mol}$. 5 kg shunday modda suyultiriganda qancha miqdorda issiqlik ajralib chiqadi? $ZnCl_2$ ning bunday suyultirilgan eritmasi hosil bo'lishida $\Delta H_e = 12500 \text{ kJ/mol}$ ga teng.

30. 1 mol HCl ning 1600 mol H_2O da erish issiqligini toping. Bunda H_2O ning parsial mol entalpiyasi $0,60 \text{ kJ/mol}$, HCl $0,01 \text{ kJ/mol}$ ga teng.

31. 77,8% li azot kislotasi 25,9% gacha suyultiriganda issiqlik effektini toping. Hisoblashlar uchun ilovada keltirilgan ma'lumotlardan foydalaning.

32. 0,3 kg suvga 50% li H_2SO_4 dan 0,1 kg qo'shilganda ajralib chiqqan issiqlikni aniqlang. Hisoblashlar uchun ilovada keltirilgan ma'lumotlardan foydalaning.

33. 0,5 kg 20% li H_2SO_4 ga 1 kg 60% li H_2SO_4 eritmasi qo'shilganida ajralib chiqqan issiqlik miqdorini toping. Hisoblar uchun ilovada keltirilgan ma'lumotlardan foydalaning.

34. 100 g 80% li H_2SO_4 ni 500 g suvda suyultiriganda ajralgan issiqlikni hisoblang. Hisoblashlar uchun ilovada keltirilgan ma'lumotdan foydalaning.

35. 1,5 g LiCl 10 g LiCl ning suvli (30%) eritmasida erigandagi issiqlikni aniqlang (ilovada keltirilgan ma'lumotdan foydalaning).

36. 5 g CH_3COOH ning 100 g 32% li shu kislota eritmasiga qo'shilgandagi erish issiqligini toping (ilovadagi ma'lumotdan foydalaning).

37. 50 g 20% li NaOH eritmasining 50 g 40% li NaOH eritmasi bilan aralashgandagi issiqlik effektini hisoblang (ilovadagi ma'lumotlardan foydalaning).

38. $BaCl_2$ ning suvda erish issiqligi 2070 *kal/mol* ga teng. $BaCl_2 \cdot xH_2O$ hovli bodishida gidratlanish issiqligi 6970 *kal/mol* x $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ning erish issiqligi nimaga teng?

39. $CuSO_4$ ning erish issiqligi 15800 *kal/mol*. Gidratlangan $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ning erish issiqligi 2750 *kal/mol* ga teng. $CuSO_4 \cdot 5H_2O = CuSO_4 + 5H_2O$ reaksiyasining issiqligini toping.

40. $CHCl_3$ ning CCl_4 da erish integral issiqligi tarkibiga nisbatan quyidagicha bog'langan:

$CHCl_3$	0,1	0,2	0,4	0,56	0,0	0,75	0,8
	822	705	589	69	377	72	850
ΔH , <i>kJ/mol</i>	-	-	-	-	-	-	-
eritmada	0,146	0,185	0,226	0,228	0,219	0,176	0,103

ΔH ning N_{CHCl_3} bo'yicha grafigini chizib. $CHCl_3$ ning molar qismi $N_{CHCl_3} = 0,44$ bo'lgan eritmada komponentlarning differensial erish issiqliklarini aniqlang.

41. 298 K da konsentratsiyasi 25% hodgan glukoza ($C_6H_{12}O_6$) eritmasi ustidagi bug' bosimini hisoblang. Bunda erituvchi — toza suvning shu haroratdagi to'yingan bug' bosimi $3,721 \cdot 10^3 Pa$ ga teng.

42. Dibrompropan ($C_3H_6Br_2$) va dibrometan ($C_2H_4Br_2$) ning 360 K dagi to'yingan bug' bosimlari mos ravishda 130 va 172 mm simob ustuniga teng. Bu

modda eritmalari Raul qonuniga bo'ysunadi. Eritmaning konsentratsiyasi 50% bo'lgandagi umumiy hug' bosimini toping.

43. Suv bugd bosimi 25°C da $23,76 \text{ mm sim.}$ ustuniga teng. 6 g mochevina 180 g suvda eritildan hosil bo'lgan eritma ustidagi bug' bosimini aniqlang.

44. Og'irligi 0,0106 kg (10.6 g) bo'lgan etil spirti eritmasida $0,40 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ (0,401 g) salitsil kislota bor. Bu eritma toza spirtga nisbatan $0,337^{\circ}$ yuqorida qaynaydi. Etil spirti qaynash haroratining molar oshishi 1,19 ga teng. Salitsil kislodaning molekular og'irligini hisoblang.

45. Toza suv 1 atm bosimda $372,4 \text{ K}$ da qaynaydi. Tarkibida $3,291 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$ (3,291 g) CaCl_2 va 0,1 kg (100 g) suv bo'lgan eritmaning qaynash haroratini toping. CaCl_2 ning dissotsilanish darajasi 68%. Suvning ebulyoskopik konstantasi 0,516.

46. Uchuvchan bodmagan 5 g modda 25 g CCl_4 da eritilgan. Hosil bodgan eritma $81,5^{\circ}\text{C}$ da qaynaydi. Toza CCl_4 $76,8^{\circ}\text{C}$ da qaynaydi, ebulyoskopik konstantasi 0,01. Eritmada erigan moddaning molekular massasini toping.

47. Sof uglerod sulfid (CS_2) $46,2^{\circ}\text{C}$ da qaynaydi. Tarkibida 0,217 g oltingugurt bo'lgan 19,18 g CS_2 bo'lgan eritma $46,304^{\circ}\text{C}$ da qaynaydi. CS_2 ning ebulyoskopik konstantasi 2,37. CS_2 da erigan oltingugurt molekulasida qancha atom mavjud? Oltingugurtning atom massasi 32 ga teng.

48. Molekular massasi 182 bodgan 0,5 g uchuvchan boimagan modda 42 g benzolda erigan. Bu eritmaning qaynash harorati $80,217^{\circ}\text{C}$. Toza benzolning qaynash harorati $80,1^{\circ}\text{C}$. Benzolning bug'lanish issiqligini hisoblang.

49. Og'irligi 1,2324 g naftalin $88,26 \text{ g}$ etil efirda eritilsa, efirning qaynash harorati $0,234^{\circ}\text{C}$ ga ortadi. Toza efirning qaynash harorati $34,0^{\circ}\text{C}$. Efirning bug'danish issiqligini toping.

50. Suyuq SO_2 10°C da qaynaydi. Uning shu haroratdagi bug'danish issiqligi $25,52 \text{ kJ/mol}$. 20 mol SO_2 da 1 mol SO_3 bo'lgan eritmaning qaynash haroratini aniqlang.

51. Og'irligi 0,6 g modda 25 g suvda eritilsa, eritmaning qaynash harorati $0,204^{\circ}\text{C}$ ga, agar 0,3 g shunday modda 20 g benzolda eritilsa, qaynash harorati

0,668°C ga ortadi. Suvning ebulioskopik konstantasi 0,51. Benzolning ebulioskopik konstantasini toping.

52. Gaz holidayi HBr 303 K da benzolda quyidagicha eriydi:

Mol miqdor	0,000612	0,0055	0,0115	0,2535	0,02913	0,04713
Bosim (P), N/m ²	1016,3	8460,6	25771,0	39053,8	46832,4	75537,8
P, atm	0,0100	0,0835	0,2540	0,3953	0,4622	0,7455

Bosim va HBr eruvchanligining o'zaro bog'diq ravishda o'zgarishi grafigini chizing va Genri tenglamasidagi konstantaning o'rtacha qiymatini toping.

53. 300 mm sim. ustuni va 25°C da kislorodning suvda eruvchanligi 16 mg/l eritmaga nisbatan eruvchanlikni mol da, bosimni atm. da ifoda etib, Genri konstantasini toping.

54. 1 atm. bosim va 18°C da 1 l suvda 1 l CO₂ eriydi. 18°C da CO₂ bosimi 150 mm sim. ust.ga teng bo'lgan eritma molar konsentratsiyasini hisoblang.

55. Umumiy bosimi 1 atm. bodganida 100 g suvda xlorning eruvchanligi ma'lum.

Raul qonuni bo'yicha suv bug'ining parsial bosimi va xlor bosimi 1 atm. bodganda uning 1000 g suvda erishini (Genri qonuniga binoan), (mol miqdori) toping.

56. CO₂ ning 25°C va 5,065 * 10⁵ N/m² bosimda suvda eruvchanligini hisoblang. Genri konstantasi (CO₂ uchun) 7,492 * 10⁻³ N * mol.

57. Azotning 1,013 * 10⁵ N/m² va T 20°C dagi ideal eruvchanligini hisoblang. Bunda normal qaynash harorati 195,8°C, ΔH_{boq.} = 5577,3 J/mol.

58. 20°C da va P SO₂ = 1,013 * 10⁵ N/m² da 65% li sulfat kislotasi eritmasida SO₂ ning eruvchanligi 3,55 g/100 g H₂SO₄ ga teng. Zichligi 1,56 bodgan 65% li sulfat kislota eritmasida erigan SO₂ ning hajmini aniqlang.

59. 20°C da va 700 mm sim. ust.da 100 ml suvda 3,54 sm³ CH₄ eriydi. CH₄ ning eruvchanlik koeffitsiyentini toping.

60. 100% li SO₂ ning dizel moyida 10°C dagi eruvchanligi 40,6 g/l, 20°C da 23,4 g/l ni tashkil etadi. Eruvchanlikning molar issiqligini toping.

81. 100 g suvda 0°C da sut kislotasining eruvchanligi 2,35 g ga, 20°C ga teng. Kislotaning suvda erish issiqligini aniqlang.

82. CO₂ ning 20°C da suvda eruvchanligi 0,878 sm³/ml, 30°C da suvda eruvchanlik ideal holatda boradi deb hisoblab, CO₂ ning erish issiqligini hisoblang.

83. Agar 10°C da eruvchanligi 40,6 g/l bo'lsa, SO₂ ning 0°C da suvda eruvchanligini toping. Erish issiqligi $\Delta H = -38100$ J/mol.

84. Agar suyuq etilen bug'lar bosimi $t_1=0^\circ\text{C}$ da $P_1=40,82 \cdot 10^5$ N/m², $t_2=20^\circ\text{C}$ da $P_2=12,42 \cdot 10^5$ N/m² bo'lsa, 20°C da 0,001 m³ benzolda qancha gram etilen eriydi? Benzolning zichligi 0,878 g/sm³. Etilenning benzoldagi eruvchanligi deb qarang.

85. Metan 90,5 K suyuqlanadi va shu haroratda suyuqlanish issiqligi 100 J/g ga teng bo'ladi. 50 K dagi metanning suyuq azotdagi eruvchanligini toping.

86. 125,4 g suyuq vismut 9,73 g suyuq magniy bilan aralashtiriladi va suvda eritiladi. Agar magniyning shu eritmadagi parsial mol erish issiqligi 10000 J/g-atom bo'lsa, vismut uchun parsial mol erish issiqligini hisoblang.

87. Tarkibida 70 mol% Si bor bo'lgan Si-Mn suyuqlanma eritmasi uchun $\Delta H_{erish} = -3800$ J/g-atom, marganesniki $\Delta H_{erish} = -83500$ J/g-atom bo'lsa, shunday tarkibli eritmada 1 kg hosil bo'lganida ajralib chiqqan issiqlikni hisoblang.

88. SO₂ ning suv va xloroformda taqsimlanish koeffitsiyenti 0,95 bo'lsa, SO₂ ajratib olish uchun xloroformda SO₂ erigan 1 l eritmaga qancha suv qo'shish kerak?

89. Limon kislotasining suv va efirda taqsimlanish koeffitsiyenti 0,1 bo'lsa, 10% kislotani efirli eritmada ajratib olish uchun 25 ml eritmaga qancha efir qo'shish kerak?

90. Eritma tarkibidagi sirka kislotasining yarmini ajratib olish uchun 25 ml eritmaga qancha efir qo'shish kerak? Sirka kislotaning suv va efirda taqsimlanish koeffitsiyenti 1,87.

71. Yodning CS_2 va suvda taqsimlanish koeffitsiyenti 590. Yodning $25^\circ C$ suvda erishi $0,340 \text{ g/l}$ ga teng. $25^\circ C$ da 100 ml suvli eritma $100 \text{ ml } CS_2$ bilan aralashirilganda qancha miqdorda yod qoladi?

72. Tarkibida $0,1 \text{ g}$ yod bodgan $0,5 \text{ l}$ suvli eritmada $50 \text{ ml } CCl_4$ qo'shiltirilgandan keyin qancha miqdorda yod ajratib olish mumkin? Yodning suv va CCl_4 da taqsimlanish koeffitsiyenti $0,012$.

73. Benzol kislotasi benzol va suvda quyidagi konsentratsiyalarda taqsimlanadi:

Suvda	0,0150	0,0195	0,0289
Benzolda	0,242	0,412	0,970

Benzoy kislotasining taqsimlanish koeffitsiyentini hisoblang.

74. Sirka kislotasi suv (1) va CCl_4 (2) da ($25^\circ C$ da) quyidagicha taqsimlanadi:

$C_1, \text{ g-ckv/l}$	0,684	1,691	9,346
$C_2, \text{ g-ckv/l}$	0,015	0,0525	1,0461

CH_3COOH ning taqsimlanish koeffitsiyentini toping.

75. Fenol suv va benzolda quyidagicha taqsimlanadi:

Suvda, mol/l	0,101	0,366	0,520
Benzolda, mol/l	0,279	2,978	6,487

Fenolning taqsimlanish koeffitsiyentini hisoblang.

76. Dimetilamin suv (1) va benzolda (2) quyidagicha taqsimlanadi:

$C_1, \text{ g/mol}$	0,0726	0,1979	0,2652
$C_2, \text{ g/mol}$	0,0653	0,1877	0,2501

Dimetilaminning taqsimlanish koeffitsiyenti o'rtacha qiymatini hisoblang.

77. Anilin $25^\circ C$ da suv va toluolda quyidagicha taqsimlanadi:

Suvda, mol/l	23,2	48,4	102,0
Benzolda, mol/l	18,	413	1006

Anilinning suv va toluolda taqsimlanish koeffitsiyentini toping.

78. Hajmi 2 l bodgan suv bilan 10 g/l yodi bor $0,5 \text{ l}$ amil spirti chayqatilganida suvga o'tgan yodning konsentratsiyasi (mol/l) nechaga teng bo'ldi? Yodning $25^\circ C$ da suv va amil spirti orasidagi taqsimlanish koeffitsiyenti 230 .

79. Tarkibida $0,658 \text{ g/l}$ fenoli bor suvli eritma ($25^\circ C$ da) tarkibida $10,53 \text{ g/l}$ fenoli bor amil spirti eritmasi bilan muvozanatda turibdi. $0,5 \text{ M } 0,5 \text{ l}$ suvli eritma 2

qancha ajratib olinadi? (Har bir komponent uchun 0,1/amil spirti olinadi).

80. May kislotasining suv va amil spirtida taqsimlanish koeffitsiyenti $K = 0,09$. Qanday suvli eritmadagi dastlabki konsentratsiyasi $0,05 \text{ kmol/m}^3$. Eritma konsentratsiyasi $0,012 \text{ kmol/m}^3$ bo'lishi uchun 1 m^3 dastlabki suvli eritma qancha hajmdagi amil spirti bilan aralashirilishi zarur?

81. Etil spirtining suvli eritmasi ustidagi bug'ni ideal gaz deb qabul qilib, quyidagi qiymatlar bo'yicha etil spirtining termodinamik aktivligini toping:

Eritma harorati, K	Spirt konsentratsiyasi, mol%	Spirt bug'i bosimi, mm sim.ust.
293	40	20,7
	60	25,6
	80	31,2
	100	43,6
313	40	62,5
	60	74,8
	80	91,8
	100	134
348	40	305
	60	365
	80	454
	100	667

82. Suvli eritmadagi uchuvchan bodmagan modda molar qismi $0,07 \text{ g}$ ga teng. Erta suvning to'yingan bug' bosimi $32,17 \cdot 10^2 \text{ Pa}$, eritma ustidagi bug' bosimi esa $26,17 \cdot 10^2 \text{ Pa}$. 298 K dagi suvning aktivlik koeffitsiyentini toping.

83. 150°C da 1 mol NH_3 ning bosimi 40 atm bodganda $0,7696$ hajmini egallaydi. Shu sharoitda NH_3 ning uchuvchanligini toping.

84. 382 K da ftorbenzolning bug' bosimi $1,974 \text{ atm}$ ga teng. Bug'ning molar hajmi 15 l . Ftorbenzol bugdning uchuvchanligini hisoblang.

85. 0°C da 200 atm . bosimda kislorodning uchuvchanligi 174 . Kislorodning molar hajmini aniqlang.

86. 0°C da 1 mol azotning PV ko'paytmasining bosimi bo'yicha o'zgarishi quyidagicha:

P, atm	1	100	200	500
PV, l*atm	22,41	22,21	23,24	31,15

Azotning 400 atm. dagi uchuvchamligini hisoblang va qaysi bosimda $f=1$ bo'lishini toping.

87. 100°C da eritmadagi suv bugd bosimi aktivligi nechaga teng?

88. Mol konsentratsiyasi 0,8 bodgan shakarning suvli eritmasi -1,6°C da muzlaydi. Suvning krioskopik konstantasi 1,86. Eritmadagi shakarning aktivlik koeffitsiyentini aniqlang.

89. CS₂ da erigan aseton bugd bosimi bilan uning molar qismi orasida quyidagicha bog'lanish bor:

N ₂	0,030	0,075	0,170	0,330	0,550
P ₂ , mm sim.ust.	62	120	180	217	250

Asetonning har bir eritmadagi aktivligi va aktivlik koeffitsiyentini toping.

90. Eritma ustidagi aseton bug' bosimi 56°C da 710 mm sim. ust.ga teng. Asetonning aktivligini aniqlang.

91. Konsentratsiyasi 5 M bodgan glitserin eritmasi -10,58°C da muzlaydi. Suvning krioskopik konstantasi 1,86. Glitserinning aktivligini toping.

92. 273 K da suv bugd bosimi 610,48 N/m² (4,58 mm sim. ust.), konsentratsiyasi 10% bodgan NaNO₃ eritmasida = 589,28 N/m² (4,42 nun sim ust) Suvning shu eritmadagi aktivligini aniqlang.

93. Uglerod sulfid (CS₂) da erigan metilizobutilleton bugd bosimi bilan uning molar qismi orasida quyidagicha bogdiqlik bor:

N ₂	0,040	0,070	0,180	0,350	0,650
P ₂ , mm sim.ust.	65	130	205	220	280

Har qaysi eritmadagi metilizobutilletonning aktivligi va aktivlik koeffitsiyentini toping.

94. Aseton bug'i bosimi 35°C da 344,5 mm sim. ust. ga, xloroformniki esa 293,1 nun sim. ust.ga teng. Tarkibida 36% (molar miqdorda) xloroform bor eritma ustidagi bu komponentlarining parsial bug' bosimlari mos holda 200,8 va 72,3 mm

100 ustiga tengdir. Shu komponentlarning eritmadagi aktivligi va aktivlik ko'effitsiyentlarini toping.

KO'P VARIANTLI MASALALAR

A va B moddalardan hosil bo'lgan critmaning *molyar qism, molyar, molyal* va *normal* konsentratsiyalarini aniqlang.

Yarimlar Fosmasi	A modda konsentratsiyasi, %	Moddalar		T, K	Eritmaning zichligi (10 ³ kg/m ³)
		A	B		
1	97	CBr ₃ CHO	H ₂ O	323	2,628
2	94	CBr ₃ CHO	H ₂ O	313	2,566
3	91	CBr ₃ CHO	H ₂ O	313	2,485
4	87	CBr ₃ CHO	H ₂ O	313	2,340
5	80	CBr ₃ CHO	H ₂ O	313	2,106
6	73	CBr ₃ CHO	H ₂ O	313	1,938
7	63	CBr ₃ CHO	H ₂ O	313	1,725
8	45	CBr ₃ CHO	H ₂ O	313	1,476
9	72	C ₆ H ₄ (CO ₂ H)	H ₂ O	298	1,281
10	66	C ₆ H ₄ (CO ₂ H)	H ₂ O	298	1,256
11	61	C ₆ H ₄ (CO ₂ H)	H ₂ O	298	1,233
12	80	C ₆ H ₅ (OH) ₃	H ₂ O	293	1,208
13	62	(CH ₂) ₂ O ₂	H ₂ O	293	1,041
14	57	C ₁₂ H ₄	CH ₃ COCH ₃	293	0,992
15	50	C ₁₂ H ₄	CH ₃ COCH ₃	293	0,968
16	43	C ₁₂ H ₄	CH ₃ COCH ₃	293	0,945
17	80	C ₆ H ₁₄	CH ₃ COCH ₃	293	0,765
18	60	C ₆ H ₁₄	CH ₃ COCH ₃	293	0,741
19	40	C ₆ H ₁₄	CH ₃ COCH ₃	293	0,719
20	20	C ₆ H ₁₄	CH ₃ COCH ₃	293	0,692
21	25	C ₆ H ₁₄	CH ₃ COCH ₃	293	0,692
22	85	C ₆ H ₅ (OH) ₃	H ₂ O	293	1,208
23	67	(CH ₂) ₂ O ₂	H ₂ O	293	1,041
24	60	C ₁₀ H ₈	CH ₃ COCH ₃	293	0,992
25	55	C ₁₀ H ₈	CH ₃ COCH ₃	293	0,968
26	48	C ₁₀ H ₈	CH ₃ COCH ₃	293	0,945

NOELEKTROLIT ERITMALAR BO'YICHA MASALALAR

YECHISHGA DOIR FIZIK-KIMYOVIY

KATTALIKLAR MA'LUMOTNOMASI

1. 20°C haroratdagi ba'zi suyuqliklarning nur sindirish ko'rsatkichlari

$$\Lambda = 5893 \text{ \AA}$$

$\frac{dn}{dt}$ — nur sindirish ko'rsatkichining harorat koeffitsiyenti, 15-20 °C harorat oralig'ida mos keladi

4.5-jadval

Moddalar nomi	n_D^{20}	$\frac{dn}{dt}$	Moddalar nomi	n_D^{20}	$\frac{dn}{dt}$
Allil spirt C_7H_7O	1,40911	0,00041	Oktan C_8H_{18}	1,39770*	—
Anilin C_6H_7N	1,5863	0,00048	Pentan C_5H_{12}	1,35769*	—
Atseton C_3H_6O	1,35911	0,00049	Piridin C_5H_5N	1,51000	0,00048
Atsetonitril C_2H_3N	1,34604	0,00045	Propil spirt C_3H_7O	1,3854	—
Atsetofenon C_8H_8O	1,53423	0,00041	Propion kislota $C_3H_6O_2$	1,3869*	—
Benzil spirt C_7H_8O	1,5404	0,00040	Uglerod sulfid CS_2	1,6280	0,00078
Benzol C_6H_6	1,50110	0,00066	Stirol (vinilbenzol) C_8H_8	—	—
Brombenzol C_6H_5Br	1,5601	0,00048	Tiofen C_4H_4S	1,5286	0,00044
Butil spirt $C_4H_{10}O$	1,3993	—	Toluol C_7H_8	1,49693	0,00057
Suv H_2O	1,3330	0,00008	Sirka kislota $C_2H_4O_2$	1,3717	0,00039
Geksan C_6H_{14}	1,37506	0,00055	Sirka aldegid C_2H_4O	1,3392**	—
Geptan C_7H_{16}	1,38764	—	Sirka angidrid $C_4H_6O_3$	1,38770	0,00040
Glitserin $C_3H_8O_3$	1,4744	0,00022	Fenilgidrazin $C_6H_8N_2$	1,6105	0,00024
1,4-dioksan $C_4H_8O_2$	1,4223	—	Fenol C_6H_6O	1,54***	—
Dietil efir $C_4H_{10}O$	1,35275	0,00056	Formamid CH_3ON	1,4472	—
Izobutil spirt $C_4H_{10}O$	1,3958	—	Flortrixlormetan (freon-11) $CFCl_3$	1,3865**	—
Izopropil spirt C_3H_7O	1,3773	—	Xlorbenzol C_6H_5Cl	1,52460	0,00058
o-ksilol C_8H_{10}	1,50545	—	Xloroform $CHCl_3$	1,4456	0,00059
m-ksilol C_8H_{10}	1,49722	—	Siklogeksan C_6H_{12}	1,42630*	—
p-ksilol C_8H_{10}	1,49582	—	Tetraxlor metan CCl_4	1,4603	0,00055

Etil spirt C_2H_6O	1,3286	0,00040	Etilenglikol $C_2H_6O_2$	1,4318	—
Chumoli kislotalning metil efiri $C_3H_6O_2$	1,34201	0,00043	Etil spirt C_2H_6O	1,3613	0,00040
Sirka kislotalning metil efiri $C_3H_6O_2$	1,3593	—	Chumoli kislotalning etil efiri $C_3H_6O_2$	1,3603*	—
Chumoli kislota $C_3H_6O_2$	1,3716	—	Sirka kislotalning etil efiri $C_3H_6O_2$	1,3726	—
Stimbenzol $C_7H_8O_2$	1,5524	0,00046			
Urcumutan $C_7H_8O_2$	1,3820	—			

2. Ba'zi suyuqliklarning turli haroratlardagi zichliklari

4.6-jadval

Zichlikni kg/m^3 da hisoblash uchun, jadvaldagi qiymatni 10^3 ga ko'paytirish lozim.

Moddalar nomi	ρ (g/cm^3) belgilangan haroratdagi, °C						
	0	10	20	30	40	50	60
Alkil spirt	0,8681	—	—	0,8421	—	—	—
Antin	1,0390	1,0303	1,0218	1,0131	1,0045	0,9958	0,9872
Atseton	0,8125	0,8014	0,7905	0,7793	0,7682	0,7560	0,7496
Atsetonitril	0,8035	0,7926	0,7822	0,7713	—	—	—
Atsetofenon	—	1,0364	1,0278	1,0194	1,0106	1,0021	0,9757
Benzil spirt	1,0608	1,0532	1,0454	1,0376	1,0297	1,0219	—
Benzol	0,9001	0,8895	0,8790	0,8685	0,8576	0,8466	0,8357
Stimbenzol	1,5218	1,5083	1,4948	1,4815	1,4682	1,4546	1,4411
Butil spirt	0,8246	0,8171	0,8086	0,8020	—	—	—
Guv	0,9998	0,9997	0,9982	0,9956	0,9922	0,9880	0,9832
Urkсан	0,6769	0,6684	0,6595	0,6505	0,6412	0,6318	0,6221
Septan	0,7005	0,6920	0,6836	0,6751	0,6665	0,6579	0,6491
Glitserin	1,2674	1,2642	1,2594	1,2547	1,2500	1,2438	1,2376
1,4-dihoksan	—	—	—	—	—	—	—
Dietil efiri	0,7362	0,7248	0,7135	0,7019	0,6894	0,6764	0,6658
Terbutil spirt	—	—	—	—	—	—	—
Terpropil spirt	—	—	—	—	—	—	—
o-ksilol	0,8969	0,8886	0,8802	0,8719	0,8634	0,8549	0,8464
m-ksilol	0,8811	0,8726	0,8642	0,8556	0,8470	0,8384	0,8297
p-ksilol	—	—	0,8610	0,8525	0,8437	0,8350	0,8262
Metil spirt	0,8100	0,8008	0,7915	0,7825	0,7740	0,7650	0,7555
Chumoli kislotalning metil efiri	1,0032	0,9886	0,9742	0,9598	(0,945)	0,9294	(0,913)

Sirka kislotaning metil efiri	0,9593	(0,946)	0,9338	(0,920)	0,9075	0,8939	0,8801
Chumoli kislotasi	—	—	—	—	—	—	—
Nitrobenzol	1,2231	1,2131	1,2033	1,1936	1,1837	1,1740	1,1641
Nitrometan	—	—	—	—	—	—	—
Oktan	0,7185	0,7102	0,7022	0,6942	0,6860	0,6778	0,6694
Pentan	0,6455	0,6360	0,6262	0,6163	0,6062	0,5957	0,5850
Piridin	1,0030	0,9935	0,9825	0,9729	0,9629	0,9526	0,9421
Propil spirt	0,8193	(0,811)	0,8035	(0,797)	0,7875	(0,780)	0,7701
Propion kislotasi	—	—	—	—	—	—	—
Uglerod sulfid	1,2927	1,2778	1,2632	1,2482	—	—	—
Stirol (vinilbenzol)	—	—	—	—	—	—	—
Tiofen	—	—	1,0647	1,0524	—	—	—
Toluol	0,8855	0,8782	0,8670	0,8580	0,8483	0,8388	0,8291
Sirka kislotasi	1,0697	1,0593	1,0491	1,0392	1,0282	1,0175	1,0060
Sirka aldegid	—	—	—	—	—	—	—
Sirka angidrid	1,1053	1,0930	1,0810	1,0690	1,0567	1,0443	—
Fenilgidrazin	—	—	1,0981	1,0899	1,0817	1,0737	1,0651
Fenol	—	—	—	—	—	—	—
Formamid	—	—	—	—	—	—	—
Tortrikslormetan (freon-11)	—	—	—	—	—	—	—
Xlorbenzol	1,1279	1,1171	1,1062	1,0954	1,0846	1,0742	1,0636
Xloroform	1,5264	1,5077	1,4890	1,4706	1,4509	1,4334	1,4114
Siklogeksan	—	0,7879	0,7786	0,7691	0,7596	0,7499	0,7401
Uglerod tetraxlorid	1,6326	1,6135	1,5939	1,5748	1,5557	1,5361	1,5165
Etilenglikol	—	—	—	—	—	—	—
Etil spirt	0,8062	0,7979	0,7895	0,7810	0,7722	0,7632	0,7541
Chumoli kislotaning etil efiri	—	—	—	—	—	—	—
Sirka kislotaning etil efiri	0,9244	(0,912)	0,9005	(0,891)	0,8762	(0,867)	0,8508

3. Turli haroratlarda suvning zichligi

Suv zichligini kg/m^3 da hisoblash uchun jadvaldagi qiymatni 10^3 ga ko'paytirib hisoblash lozim.

4.7-jadval

t, °C	15	16	17	18	19
ρ , g/sm ³	0,9991	0,9989	0,9988	0,9986	0,9984
t, °C	20	21	22	23	24
ρ , g/sm ³	0,9982	0,9980	0,9978	0,9975	0,9970

4. Ba'zi sayyiqliklarning harbi kamratilarning qo'shiq-qo'ylig'i

4.3-jadval

Moddalar nomi	Qo'shiq-qo'ylig'i hisoblangan kamratil, °C									
	0	10	20	25	30	40	50	60		
Alilil spirt	2,145	1,703	1,363	(1,200)	1,070	0,914	0,767	0,657		
Anilin	10,20	6,46	4,40	(3,75)	3,20	2,35	1,821	1,52		
Atseton	0,397	0,361	0,325	(0,309)	0,296	0,271	0,249	0,228		
Atsetonitril	0,442	0,396	0,357	(0,340)	0,325	-	-	-		
Atsetofenon	-	2,30	1,84	1,67	1,51	1,38	1,24	-		
Benzil spirt	-	-	5,800	5,054	4,320	3,288	2,574	-		
Benzol	0,910	0,755	0,652	0,600	0,559	0,503	0,436	0,389		
Brombenzol	1,520	1,310	1,130	(1,060)	0,990	0,890	0,790	0,720		
Butil spirt	5,19	3,87	2,95	-	2,28	1,78	1,41	1,133		
Suv	1,792	1,308	1,005	0,894	0,801	0,656	0,549	0,469		
Geksan	0,381	0,343	0,307	0,294	0,290	0,253	0,248	0,222		
Gepitan	-	-	0,414	-	0,373	0,338	0,308	0,281		
Glitserin	12,1-10	3,95-10	1,49-10	0,95-10	0,63-10 ¹	330	180	102		
1,4-dioksan	-	-	1,255	1,196	1,063	0,917	0,778	0,685		
Dietil efiri	0,284	0,258	0,233	0,222	0,213	0,197	0,180	0,166		
Izobutil spirt	8,30	5,65	3,95	-	2,88	2,12	1,61	1,24		
Izopropil spirt	4,60	3,26	2,39	-	1,77	1,33	1,03	0,80		
o-ksilol	1,108	0,939	0,809	0,756	0,708	0,625	0,557	0,501		
m-ksilol	0,80	0,70	0,61	-	0,55	0,490	0,433	0,403		
p-ksilol	-	0,74	0,64	-	0,57	0,51	0,456	0,414		
Metil spirt	0,817	0,690	0,597	0,547	0,510	0,450	0,396	0,350		
Chumoli kislotaning metil efiri	0,429	0,385	0,348	0,330	0,318	-	-	-		

Sirka kislotaning metil efiri	0,479	0,425	0,381	0,362	0,344	0,312	0,284	0,258
Chumoli kislota	–	2,262	1,804	–	1,460	1,290	1,025	0,890
Nitrobenzol	3,090	2,483	2,034	(1,845)	1,682	1,438	1,251	1,094
Nitrometan	0,85	0,74	0,66	0,627	0,595	0,530	0,478	0,433
Oktan	0,714	0,622	0,546	–	0,486	0,435	0,392	0,356
Pentan	0,283	0,259	0,240	–	0,220	–	–	–
Piridin	1,330	1,120	0,974	(0,90)	0,830	0,735	0,651	0,580
Propil spirt	3,883	2,897	2,234	–	–	2,400	1,129	0,921
Propion kislota	1,52	1,29	1,10	–	0,958	0,840	0,746	0,662
Uglerod sulfid	0,433	0,396	0,365	(0,349)	0,341	0,319	0,297	–
Stirol (vinilbenzol)	1,047	0,879	0,749	–	0,648	0,565	0,502	0,453
Tiofen	0,871	0,753	0,658	(0,620)	0,582	0,520	0,468	0,424
Toluol	0,770	0,667	0,584	(0,550)	0,517	0,469	0,425	0,381
Sirka kislota	–	1,450	1,210	(1,120)	1,040	0,900	0,790	0,700
Sirka aldegid	0,276	0,253	0,225	–	–	–	–	–
Sirka angidrid	1,245	1,058	0,907	(0,845)	0,787	0,699	0,623	0,550
Fenilgidrazin	–	–	0,456	–	0,443	0,404	–	–
Fenol	–	–	11,6	–	7,00	4,77	3,42	2,60

257

Formamid	0,540	0,480	0,440	–	0,400	0,375	0,340	–
Fluoruchlorometan (freon-11)	0,540	0,480	0,440	–	0,400	0,375	0,340	–
Xlorbenzol	1,056	0,915	0,802	(0,730)	0,708	0,635	0,573	0,520
Xloroform	0,700	0,630	0,570	(0,543)	0,514	0,466	0,426	0,390
Siklogeksan	–	–	0,970	–	0,822	0,706	0,610	0,538
Uglerod tetrahlord	1,330	1,132	0,969	(0,900)	0,843	0,739	0,651	0,585
Etilenglikol	–	–	19,9	(16,5)	13,2	9,13	(6,65)	4,95
Etil spirt	1,773	1,466	1,200	1,096	1,003	0,834	0,702	0,592
Chumoli kislotaning etil efiri	0,51	0,45	0,402	0,382	0,358	0,329	0,308	–
Sirka kislotaning etil efiri	0,582	0,512	0,458	–	0,403	0,360	0,324	0,294

5. Suvli eritmalarining qovushqoqligi

4.9-jadval

Eritgan modda nomi	Harorat, °C	η (mm ² ·sek ⁻¹) – eritmaning berilgan konsentratsiyadagi qovushqoqligi										4.9-jadval konsentratsiya, %		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
HCl	20	1,16	1,36	1,70	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
HNO ₃	20	–	1,05	–	1,30	–	2,00	–	–	–	–	1,88	–	–
H ₂ SO ₄	20	1,12	1,38	1,82	2,48	3,58	5,52	9,65	23,2	–	–	23,1	27,8	–
NaCl	0	2,01	2,67	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
NaOH	20	1,19	1,56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CH ₃ OH	0	2,59	3,23	3,61	3,65	3,35	2,89	2,37	1,76	–	–	1,19	0,82	–
	20	1,32	1,58	1,76	1,84	1,76	1,60	1,39	1,14	–	–	0,86	0,58	–
C ₂ H ₅ OH	0	3,311	5,319	6,94	7,14	6,58	5,75	4,762	3,690	–	–	2,732	1,773	–
	25	1,323	1,815	2,18	2,35	2,40	2,24	2,037	1,748	–	–	1,424	1,096	–
	50	0,734	0,907	1,050	1,132	1,155	1,127	1,062	0,948	–	–	0,848	0,702	–
CH ₃ COOH	20	1,22	1,45	1,70	1,96	2,21	2,43	2,66	2,75	–	–	2,43	1,122	–
C ₃ H ₇ O ₂ (glitserin)	20	1,311	1,769	2,501	3,750	6,050	10,96	22,94	62,0	–	–	234,6	1499	–
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	25	–	1,0794	1,1252	1,1744	1,2273	1,2840	1,3445	–	–	–	–	–	–

6. Turli haroratlarda ba'zi suyuqliklarning sirt tarangligi qiymatlari
 suyuqlikning sirt tarangligi – σ ni hisoblashda N/m birliklarda aniqlash uchun
 jadvaldagi qiymatni 10^{-3} ga ko'paytirish lozim.

4.10-jadval

Modda	Berilgan haroratda σ (din/sm) qiymati							
	0	10	20	25	30	40	50	60
Allil spirt	–	–	25,68	–	24,92	–	–	–
Anilin	45,42	44,38	43,30	–	42,24	41,20	40,10	39,40
Anaton	26,21	25,00	23,70	–	22,01	21,16	19,90	18,61
Acetonitril	–	–	29,10	–	27,80	–	–	–
Acetofenon	–	39,50	38,21	–	–	–	–	–
Amil spirt	–	–	42,76	–	38,94	–	–	–
Amzol	–	30,24	28,88	28,18	27,49	26,14	24,88	23,66
Brombenzol	–	36,34	35,09	–	–	–	–	–
Butil spirt	26,2	25,4	24,6	–	23,8	23,0	22,1	21,4
Buv	75,62	74,22	72,75	71,96	71,15	69,55	67,91	66,17
Chiksan	20,56	19,51	18,46	–	17,40	16,31	15,26	14,23
Clptan	–	–	20,86	–	19,54	18,47	17,42	16,39
Cltaerin	–	–	59,4	–	59,0	58,5	58,0	57,4
1,4-dioksan	–	–	–	–	–	–	–	–
Dietil efiri	19,4	18,2	17,0	–	15,8	14,6	13,5	12,4
Etobutil spirt	–	–	22,7	–	–	–	–	–
Etpropil spirt	–	–	21,2	–	–	–	–	–
Etksilol	32,28	31,16	30,03	29,48	28,93	27,84	26,76	25,70
Etksilol	30,92	29,78	28,63	28,08	27,54	26,44	25,36	24,26
Etksilol	–	–	28,31	27,76	27,22	26,13	25,06	24,02
Metil spirt	24,5	23,5	22,6	–	21,8	20,9	20,1	19,3
Chumoli kislotaning metil efiri	–	–	24,64	–	23,09	–	20,05	–
Stirka kislotaning metil efiri	–	–	23,84	–	22,38	–	–	–
Chumoli kislota	–	38,13	37,58	–	36,48	–	–	–
Nitrobenzol	46,4	45,2	43,9	–	42,7	41,5	40,2	39,0
Nitrometan	38,1	37,74	36,98	–	35,51	–	–	–
Oktan	23,70	22,73	21,76	–	20,79	19,78	18,79	17,82
Pentan	18,2	17,1	16,00	15,48	14,95	13,8	–	–
Piridin	–	–	38,0	–	–	35,0	–	–
Propil spirt	–	–	–	22,9	–	–	–	–
Propion kislota	–	27,21	26,70	–	25,71	–	–	–
Uglerod sulfid	35,45	33,90	32,25	–	30,85	–	27,8	–
Stirol (vinilbenzol)	–	–	32,0	–	–	–	–	–

Tiofen	—	—	33,1	—	—	30,1	—	—
Toluol	30,92	29,70	28,53	27,92	27,32	26,15	25,04	23,54
Sirka kislota	—	28,8	27,8	—	26,8	25,8	24,8	23,0
Sirka aldegid	—	—	21,2	—	—	—	—	—
Sirka anhidrid	—	33,37	32,65	—	31,22	30,05	29,00	—
Fenilgidrazin	—	—	45,55	—	44,31	—	—	40,40
Fenol	—	—	40,9	—	—	—	37,66	36,33
Formamid	—	—	—	—	—	—	—	—
Ftortuxlorometan (freon-11)	—	—	—	—	—	—	—	—
Xlorbenzol	36,0	34,8	33,5	—	32,3	31,1	29,9	28,5
Xloroform	—	28,50	27,14	—	25,89	—	—	21,71
Siklogeksan	—	26,15	24,95	24,35	23,75	22,45	21,35	—
Uglerod tetraxlorid	29,38	28,05	25,68	—	25,54	24,41	23,22	22,10
Etilenglikol	—	—	46,1	—	—	—	—	—
Etil spirt	24,05	23,14	22,03	—	21,48	20,20	19,80	18,41
Chumoli kislotaning etil efiri	—	—	23,84	—	22,38	—	—	—
Sirka kislotaning etil efiri	26,5	24,36	23,75	—	22,25	—	20,2	—

7. Kiritik termodinamik parametrlar

Zichlikni kg/m^3 da hisoblash uchun jadvaldagi qiymatni 10^3 ga ko'paytirish lozim

4.11-jadval

Moddalar nomi	Harorat		Bosim		Zichlik, g/sm^3
	$^{\circ}\text{K}$	$^{\circ}\text{C}$	kN/m^2	atm	
Oddiy moddalar					
Br_2	584,2	311	10330	102	1,18
Cl_2	417,2	144	7709	76,1	0,573
D_2	38,4	-234,8	1652	16,3	—
F_2	144,2	-129	5573	55	—
H_2	33,3	-239,9	1296	12,8	0,031
Hg	1723,2	1450	—	—	—
J_2	826,2	553	—	—	—
N_2	126,2	-147,0	3395	33,5	0,311
O_2	154,8	-118,4	5077	50,1	0,41
O_3	261,1	-12,1	5533	54,6	0,54
Noorganik birikmalar					
BCl_3	452,0	178,8	3871	38,2	—
BF_3	260,9	-12,3	4985	49,2	—
CO	132,9	-140,3	3496	34,5	0,301
CO_2	304,2	31,0	7387	72,9	0,468

CO	455,2	182	5674	56	0,52
CO ₂	378,2	105	6181	61	—
CO ₂	552,2	279	7904	78	0,44
CO ₂	644,1	370,9	22151	218,6	—
H ₂ O	363,2	90,0	8512	84,0	0,807
H ₂ N	456,7	183,5	5391	53,2	0,195
H ₂ I	324,6	51,4	8258	81,5	0,42
H ₂	461,2	188	6931	68,4	—
H ₂	424,2	151,0	8309	82,0	—
H ₂ O	647,4	374,2	22120	218,3	0,32
H ₂ N	373,6	100,4	9008	88,9	0,349
NH ₃	405,6	132,4	11298	111,5	0,235
NO	180,3	-92,9	6546	64,6	0,52
N ₂ O	309,7	36,5	7265	71,7	0,452
N ₂ O ₄	431,2	158	10032	99	0,56
NOCl	438,2	165	9363	92,4	—
PH ₃	324,5	51,3	6536	64,5	0,30
NO ₂	430,7	157,5	7883	77,8	0,524
NO ₂	491,4	218,2	8491	83,8	0,633
SnCl ₄	506,2	233	3759	37,1	—
NH ₄	259,1	-14,1	3719	36,7	—
SnCl ₄	591,9	318,7	3749	37,0	0,742
UF ₆	503,4	230,2	4611	45,5	—
Organik birikmalar					
Uglevodorodlar					
CH ₄ metan	191,1	-82,1	4641	45,8	0,162
C ₂ H ₂ atsetilen	309,2	36	6242	61,6	0,23
C ₂ H ₄ etilen	283,1	9,9	5117	50,5	0,227
C ₂ H ₆ etan	305,5	32,3	4884	48,2	0,203
C ₃ H ₈ propadiyen	401,2	128	5350	52,8	—
C ₃ H ₆ propilen	365,0	91,8	4621	45,6	0,233
C ₃ H ₈ propan	370,0	96,8	4256	42,0	0,220
C ₄ H ₆ 1,3-butadiyen	425,2	152	4327	42,7	0,245
C ₄ H ₈ 1-butilen	419,6	146,4	4023	39,7	0,234
C ₄ H ₁₀ 2-metil propilen	417,9	144,7	4003	39,5	0,235
n-C ₄ H ₁₀ n-butan	425,2	152,0	3800	37,5	0,228
izo-C ₄ H ₁₀ izo-butan	408,1	134,9	3648	36,0	0,221
C ₅ H ₁₀ siklopentan	511,8	238,6	4519	44,6	0,270

$n\text{-C}_5\text{H}_{12}$ n-pentan	469,8	196,6	3374	33,3	0,232
C_5H_{12} 2-metilbutan	461,0	187,8	3415	33,7	0,236
C_5H_{12} 2,2-dimetilpropan (neopentan)	433,8	160,6	3202	31,6	0,238
C_6H_6 benzol	562,7	289,5	4925	48,6	0,300
C_6H_{12} sikloheksan	554,2	281,0	4114	40,6	0,272
$n\text{-C}_6\text{H}_{14}$ n-geksan	507,9	234,7	3030	29,9	0,234
C_7H_8 toluol	594,0	320,8	4215	41,6	0,29
$n\text{-C}_7\text{H}_{16}$ n-geptan	540,2	267,0	2736	27,0	0,235
$o\text{-C}_8\text{H}_{10}$ o-ksilol	632,2	359,0	3648	36	0,28
$m\text{-C}_8\text{H}_{10}$ m-ksilol	619,2	346,0	3547	35	0,27
$p\text{-C}_8\text{H}_{10}$ p-ksilol	618,2	345,0	3445	34	0,29
$n\text{-C}_8\text{H}_{18}$ n-oktan	569,9	296,7	2493	24,6	0,233
Kislorod saqlovchi birikmalar					
CH_4O metil spirt	513,2	240	7954	78,5	0,272
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ sirka aldegid	461,2	188	—	—	—
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ etilen oksid	468,2	195	7194	41,0	0,32
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ sirka kislota	594,8	321,6	5786	57,1	0,351
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ etil spirt	516,2	243	6384	63,0	0,276
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ dimetil efir	400,1	126,9	5370	53	0,242
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ atseton	508,7	235,5	4722	46,6	0,273
$n\text{-C}_3\text{H}_8\text{O}$ n-propil spirt	537,2	264	5087	50,2	0,273
izo- $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ izo-propil spirt	508,8	235,6	5370	53	0,274
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ etil sirka kislota	523,3	250,1	3830	37,8	0,308
$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ 1,4-dioksan	585,2	312	5137	50,7	0,36
$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ dietil efir	467,2	194	3607	35,6	0,264
Galogen saqlovchi birikmalar					
CH_3F metil florid	317,8	44,6	5877	58,0	0,300
CH_3Cl metil xlorid	416,3	143,1	6678	65,9	0,353
CH_3Br metil bromid	464,2	191	—	—	—
CH_3I metil yodid	528,2	255	—	—	—

$C_3H_3Cl_3$ kloroform	536,6	263,4	5472	54,0	0,50
CCl_4 tetraclorometan (uglerod (IV) klorid)	556,4	283,2	4560	45,0	0,558
$C_2H_2F_4$ etil fluorid	375,4	102,2	4661	46,0	–
C_2H_5Cl etil klorid	460,4	187,2	5269	52	0,33
C_6H_5F fluorbenzol	560,1	286,9	4550	44,9	0,357
C_6H_5Cl klorbenzol	632,4	359,2	4519	44,6	0,365
$C_6H_5F_3$ fenil trifluorometan	562,7	289,5	3557	35,1	0,427
Azot saqlovchi birlikmalar					
C_2H_5N metilamin	430,1	156,9	7458	73,6	–
C_2H_7N dimetilamin	437,7	164,5	5310	52,4	–
C_6H_5N anilin	433,3	160,1	4073	40,2	0,233
C_5H_5N piridin	617,4	344,2	6080	60,0	–
C_6H_7N anilin	699,2	426	5310	52,4	0,314

5 - bob. ELEKTROLIT ERITMALAR.

Texnologik jarayonlarda noelektrolit eritmalaridan tashqari turli moddalarning suvda erishidan hosil bo'lgan elektrolit eritmalar ham uchrab turadi. Noelektrolit eritmalar faqat neytral molekulalardan iborat bo'lsa, elektrolitlarda elektrolitning dissotsialanish natijasida vujudga keluvchi zaryadlangan moddalar, ya'ni ionlar bilan birga neytral molekulalar ham mavjud bo'ladi. Natijada dissotsialanish natijasi sodir bo'lishi sababli elektrolit eritmalarida zarrachalarning sonini ko'payishi kuzatiladi. Shunga ko'ra bir xil konsentratsiyaga ega bo'lgan elektrolit eritmalarining tajribada topilgan osmotik bosimi (π), qaynash haroratini ortishi (ΔT_{qayn}) va moyil haroratini pasayishi (ΔT_{moyil}) qiymatlari, shuningdek, boshqa xossalari muqim noelektrolit eritmanikiga qaraganda katta bo'ladi. Demak, noelektrolit eritmalar uchun tegishli Vant-Goff, Raul va boshqa qonunlarga elektrolit eritmalar bo'sunmaydi.

Noelektrolit eritmalar qonunlarinin elektrolit eritmalariga to'g'ri kelishi ushbu qonunlarga tuzatish (поправканый) koeffitsienti - i kiritilgan. Bu qiymat *van't Hoff koeffitsienti* deb ataladi va uning eritmada mavjud ion hamda molekularlarning soni yig'indisini (Σn) elektrolitda erigan molekular soni (n_{mole}) ga nisbatli hisoblanadi, ya'ni

$$i = \frac{\Sigma n}{n_{mole}} \quad (3.1)$$

i -doimo ($i > 1$) birdan katta qiymatga egadir. Demak, elektrolit eritmalarini Vant-Goff va boshqa qonunlarga bo'ysunishi uchun ularga tegishli tenglamalarni quyidagidek ko'rinishda yozish belgilangan:

Noelektrolit eritmalar (nazariy)	Elektrolit eritmalar (tajribada)
Osmotik bosim $(P_{osm})_{mole} = CRT;$	$(P_{osm}) = (ic) RT$

Suvlash haroratining pasayishi $(\Delta T_1)_{\text{su}} = kC$	$(\Delta T_1)_{\text{su}} = ikC$
Qaynash haroratining ortishi $(\Delta T_2)_{\text{su}} = iEC$	$(\Delta T_2)_{\text{su}} = iEC$
Osmotik bosim $\frac{P'' - P}{P''} = \frac{\Delta p}{P''} = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$	$\frac{P'' - P}{P''} = \frac{\Delta p}{P''} = \frac{in_2}{n_1 + n_2}$
Molekulyar massa $(M)_{\text{su}} = \frac{E \cdot g \cdot 1000}{G \cdot \Delta T}$	$(M)_{\text{su}} = \frac{iE \cdot g \cdot 1000}{G \cdot \Delta T}$

Quyidagilardan:

$$i = \left(\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} \right)_{\text{su}} = \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)_{\text{su}} = \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)_4 = \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} \quad (5.2)$$

5.4 - natijada) va nazariy (noelektrolit eritmalar tenglamalariga muvofiq) hisoblab olingan kattaliklar qiymati.

Elektrolitlarning dissotsilanish qobiliyatini dissotsilanish darajasi (α)

$$\text{hisoblaydi} \quad \alpha = \frac{C}{C_0} = \frac{\text{dissotsilangan molekularlar (mollar) soni}}{\text{molekularlarning dastlabki umumiy soni (mollar)}} \quad (5.3)$$

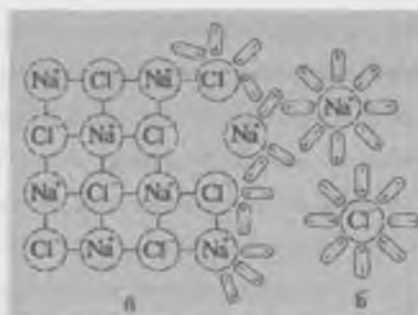
$$\text{va ular konsentratsiyasi} \quad C = \alpha \cdot C_0 \quad (5.4)$$

α ning qiymatiga qarab hamma elektrolitlar ikki sinfga bo'linadi. Kuchsiz dissotsiyanlangan ($\alpha < 1$ bo'lib (faqat cheksiz suyultirilganda $\alpha = 1$), eritma suyultirilgan sari α oshadi). Kuchli elektrolitlar hammu konsentratsiyada to'la dissotsiyalangan, ya'ni $\alpha = 1$ bo'ladi. Bu ikki sinf elektrolitlari xossalari bilan farq qiladi.

Elektrolit eritmalarida osmotik bosimning yuqori bo'lish sababini faqat konsentratsiyaning ortishidandir, deb izohlash mumkin. C-konsentratsiya o'rniga iC bo'lib qoldi. I-dnimo birdan katta, masalan, ikki ionli moddalar (KCl, NaCl) osmotik bosimning qiymati taxminan ikkiga, uch ionli moddalar (CaCl_2) uchun esa uchga kattalashgan.

Bu eritmalarining *Raul qonunidan chetlanishi* ham eritma konsentratsiyasining ortishini ko'rsatadi. Eritma ustidagi bug' bosimining kamayishi, *Raul qonuni* asosida hisoblab chiqarilgan kamayishiga qaraganda ortiq bo'ladi. Eritma moddani *Raul qonuni* asosida tajribada topilgan molekulyar massasi o'zining haqiqiy qiymatidan kam bo'ladi. (IV.31) tenglamaga muvofiq topilgan molekulyar massaning haqiqiy molekulyar massadan kam bo'lishiga sabab ΔT qiymatining katta bo'lishidir. ΔT qiymati eritmaning *hajm birligidagi zarrachalar soniga bog'liq*.

Elektrolit eritmalarining yuqoridagi qonundan chetlanishi tajribalarda aniqlangan. Bu eritmalarining noelektrolit eritmalaridan yana bir farqi shundaki, ular *elektr oqimini o'tkazadi*. Elektr oqimini o'tkazuvchi eritmalar *elektrolit eritmalar* yoki qisqacha - *elektrolitlar* deb ataladi. Boshqa sohadagi tajribalar ham elektrolit eritmalarida zarrachalar sonining oshishini ko'rsatadi. *Arrenius* bunga asosiy sabab, eritmada molekularlar elektr zaryadlangan zarrachalarni - *ionlarga parchalanishidir*, deydi. Bu nazariya *Arreniusning elektrolitik dissotsialanish nazariyasi* nomi bilan malum. Dissotsialanish elektrolit moddalar bilan bir qatorda erituvchining qator xossalari ham bog'liq. Ko'pchilik qattiq elektrolit moddalar ion va ion panjaraga yaqin kristall panjaradan tashkil topgan. Ma'lumki, NaCl singari molekularlardagi bog'lanishlar ion bog'lanishdir. Bu molekularlar, *masalan*, osh tuzi molekulari Na va Cl atomlaridan iborat bo'lmay, balki Na^+ bilan Cl^- ionidan iboratdir, ya'ni $\text{NaCl} = \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$



Osh tuzi kristalli suvda eriganda suv molekulari dipoli Na^+ ionini *manfiy* va Cl^- - ionini esa *musbat qushlari* bilan qurshab oladi. Natijada suv dipollari bilan

ionlar orasida tortishish vujudga keladi (*ion - dipol bog'lanish*). Ion - dipol bog'lanish ta'sirida Na^+ va Cl^- ionlarining o'zaro tortishishi kuchsizlanadi va ular orasidagi bog' uzilib Na^+ va Cl^- ionlari bir-biridan ajraladi. Ionlar orasidagi tortishishning kuchsizlanishiga muhitning *dielektrik konstantasi* ta'sir qiladi. Ma'lumki, *Kulon qonuniga* ko'ra, zaryadlangan zarrachalarning o'zaro tortishish kuchi quyidagicha bo'ladi:

$$f = -\frac{e_1 e_2}{\epsilon r^2} \quad (5.5)$$

bunda, ϵ – dielektrik konstanta, e_1, e_2 – zaryad miqdori, r – ular o'rtasidagi masofa.

Demak, erituvchining dielektrik konstantasi (ϵ) qanchalik katta bo'lsa, unda erigan modda molekulasining ionlari orasidagi tortishish kuchi shunchalik ko'p kamayadi, ya'ni erituvchining dielektrik konstantasi qanchalik katta bo'lsa, bu erituvchining ionlush qobiliyati shuncha kuchli namoyon bo'ladi. Suvning dielektrik konstantasi juda katta ($\epsilon^{298K} = 81,25^\circ\text{C}$), shuning uchun elektrolitlar suvda yaxshi dissotsialanadi. HCN ($\epsilon^{298K} = 107$), HCOH ($\epsilon^{298K} = 57,0$)lar ham kuchli dissotsialovchi erituvchilar jumlasiga kiradi.

Moddalarning qutbliligi (*polyarlligi*) hilan ularning dielektrik konstantasi orasida ma'lum bog'lanish bor: *qutblilik oshgan sari dielektrik konstanta ham osha boradi. Shuning uchun erituvchining qutbliligi oshgan sari uning dissotsialanish xususiyati ham osha boradi.*

Odatda elektrolitik dissotsialanish natijasida eritmalarda zarrachalar soni ortadi, ja'ni erigan molekulalarga ionlar qo'shila boshlaydi. Dissostalanish darajasi (α) qiymatini aniqlash V-hobda ko'rib chiqilgan edi va shunga binoan α ning qiymati (%) yoki mol qismlarda ifodalanadi. Uning qiymati erituvchi va elektrolit tabiatiga hog'liq bo'ladi. Agarda elektrolitni dissotsialanishidan hosil bo'lgan ionlar soni m deb helgilansa, u holda izotonik koeffitsient α bilan quyidagi tenglama bilan bog'lanadi:

$$i = 1 + \alpha(m-1) \quad (5.6)$$

Shu tenglamaga ko'ra agar $\alpha = 1$ va $m=2$ bo'lsa, unda $i=2$ teng bo'ladi.

Ma'lumki, suvning vodorod bog'ini hosil qilish xususiyati anchagina kuchli. Shu sababli suvning, hatto, molekulyar kristallangan moddalarni ham dissotsialashga kuchi etadi. Erituvchilarning dissotsialash qobiliyatiga, ularning dielektrik konstantasidan tashqari, erigan modda bilan erituvchi orasidagi ta'sir natijasida osun dissotsialanuvchi yangi molekula, *kompleks birikma hasil bo'lishi ham ta'sir etadi*. Dissotsialanish jarayonini amalga oshirish uchun ma'lum energiya kerak bo'ladi. Yuqorida so'z yuritilgan kuchlar natijasida solvatlanish jarayoni sodir bo'ladi va bu jarayonda energiya ujrilib chiqadi va dissotsialanish asosan ana shu energiya hisobiga boradi.

5.1. ELEKTROLIT ERITMALARNING XOSSALARI VA ULARNING TURLARI.

D.I.Mendeleevning eritmalarga oid *gidratlar nazariyasini* elektrolitik dissotsialanish nazariyasi bilan bog'lash kerakligini birinchi bo'lib 1891 yilda *I.A. Kablukov* aytgan edi. Elektrolitlarning kristall panjarasi yuzasidagi ionlar bilan erituvchi dipollari orasida F tortishish kuchi vujudga keladi:

$$F = -\frac{\mu e}{r^2} \quad (5.7)$$

hunda: e - ion zaryadi, r - ion bilan dipol orasidagi masofa, μ - dipol momenti. Bu kuch ta'sirida erituvchi molekulalari ion atrofida zich joylashadi, uni qurshab oladi, demak, erish erituvchining siqilishi bilan boradi. Natijada, ion erituvchi molekulalari bilan qurshalgan bo'ladi. Bu qursham - kompleks solvat (*erituvchi suv bo'lganida gidrat*), bu hodisa esa *solvatlanish (gidratlanish)* deyiladi. Demak, gidratlanish jarayoni solvatlanish jarayonining xususiy xolidir. Solvatni kinetik jihatdan bitta modda, deb qarash kerak. Ion-solvat qavat bilan birgalikda harakat qiladi.

Solvat kimyoviy birikmadek ma'lum tarkibga ega emas. Solvat qavati, ya'ni bitta ionning erituvchining qancha molekulasini bilan qurshalgani bir qancha omillarga: *ionning radiusi va zaryadi, eritmaning konsentratsiyasi, harorat va hokuzolarga bog'liq*. Ionlarning gidratlanishini bir qancha dalillar asosida isbotlab berilgan. Kichik ionlar ko'p solvatlanib, qo'pollashganligi sababli sekin harakatlanadi.

Shunday qilib, ionning potentsiali uning radiusiga teskari proporsionaldir. Hinnobarin, ionning radiusi qanchalik kichik bo'lsa, u qarama-qarshi zaryadlangan *surachaga* shunchalik kuchli tortiladi. Shuning uchun, kichik radiusli ionlar katta radiusli ionlarga qaraganda kuchliroq solvatlanadi.

Ionlarning gidratlanish darajasi yoki gidratlangan suv molekularining miqdori elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash yoki *Stoks qonunini* ionlarga tadbiiq etish orqali, spektroskopik va boshqa usullar bilan aniqlanishi mumkin.

So'nggi vaqtlarda olib borilgan tekshirishlar solvatlanish hodisasining ortmalarda keng tarqalgan hodisa ekanligini, eritmalarda yuz beradigan turli jarayonlarda bu hodisaning katta ahamiyati borligini ko'rsatdi. Solvatlanish nazariyasini tadbiiq etish ko'pgina elektrokimyoviy jarayonlarning to'g'ri tushunilishiga yordam berdi.

Solvat qavatining mavjudligi, ya'ni ionning solvat qatlami bilan o'ralgani turli ionlarning bir-biriga tortishuvini kuchsizlantiradi va ularning qaytadan birlashib molekulaning hosil bo'lishini qiyinlashtiradi.

DISSOTSIALANISH DARAJASI.

KUCHSIZ VA KUCHLI ELEKTROLITLAR

Elektrolitlarning kuchi ularning dissotsialanish darajasi (α) yoki dissotsialanish muvozanat konstantasining (K_D) qiymati bilan belgilanadi. Dissotsialangan molekular sonining (*mol*) erigan modda molekularining umumiy soniga (*mol*) nisbati *dissotsialanish darajasi* deb ataladi.

Kuchli elektrolitlarga - kuchli kislotalar, kuchli asoslar va ko'pchilik tuzlar kiradi. Odatda, kuchli elektrolitlarning *kristall panjarasi ionlardan iborat bo'ladi va ular*da $\alpha > 0,3$ dan ortiq.

Kuchsiz elektrolitlarga - kuchsiz kislotalar, kuchsiz asoslar va ba'zi tuzlar (*simob (II)-xlorid, simob (II)-sianid, ko'pchilik organik kislotalar, fenollar, aminlar, ba'zi anorganik kislota va asoslar*) kiradi.

Kuchli elektrolitlar har qanday katta konsentratsiyada ham to'la dissotsialangan ($\alpha=1$) bo'ladi. Kuchsiz elektrolitlar qisman dissotsialanadi va ularda $\alpha < 0,03$ dan kam qiymatga egadir.

Kuchsiz elektrolitlarning kuchli suyultirilgan eritmalarida turli konsentratsiya ifodasini qo'llash mumkin, lekin konsentrlangan eritmalarda konsentratsiya ifodasini termodinamik *aktivlik* bilan almashtirish kerak.

Kuchsiz elektrolitlarda dissotsialanish darajasi - *elektrolitlarning tabiatidan ishqari, eritmaning konsentratsiyaga, haroratga, erituvchining tabiatiga ham bog'liq.*

Harorat ortishi bilan dissotsialanish darajasi oshadi. Agar kuchli va kuchsiz elektrolit eritmalar aralashmasi bo'lsa, kuchsiz elektrolitning dissotsialanish darajasi ancha kamayadi, kuchli elektrolitning dissotsialanish darajasi deyarli o'zgarmaydi. Masalan, kuchsiz elektrolit CH_3COOH kislotaning bir molyar eritmasiga kuchli elektrolit CH_2ClCOOH dan bir mol qo'shilsa, CH_3COOH ning dissotsialanish darajasi taxminan 16 marta kamayadi. Aksincha, CH_2ClCOOH eritmasiga CH_3COOH qo'shilsa, CH_2ClCOOH ning dissotsialanish darajasi deyarli o'zgarmaydi. Shunga ko'ra, bunday elektrolit eritmalar dissotsialangan umumiy ion bersa, kuchsiz elektrolit CH_3COOH CH_3COO^- atsetat ioni hosil qiladi. Umumiy ion konsentratsiyasi kuchli elektrolit konsentratsiyasiga, CH_3COO^- konsentratsiyasi va CH_2COONa konsentratsiyasiga teng bo'ladi, ya'ni $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{CH}_2\text{COONa}]$.

Dissotsialanish darajasining qiymati eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi, muzlash haroratining pasayishi, osmotik bosimning ortishi kabi xossalardan hisoblab chiqariladi.

Dissotsialanish darajasining qiymatini *i*-koeffitsient orqali ifodalash mumkin. Masalan, *i*-koeffitsient eritmaning molyar konsentratsiyasiga, dissotsialanish darajasiga, bir molekula dissotsialanganda hosil bo'lgan ionlar soni *n* ga teng bo'lsin. Bu vaqtda dissotsialanish natijasida hosil bo'lgan ionlarning molyar konsentratsiyasi $C\alpha n$ ga, dissotsialanmagan molekular konsentratsiyasi $C-C\alpha=C(1-\alpha)$ ga, demak,

eritmadagi zarrachalarning molyar konsentratsiyasi $C\alpha + C(1-\alpha)$ ga teng bo'ladi.

Hisoblab:

$$i = \frac{P_{\text{eritma}}}{P_{\text{eritma}}} = \frac{Cn\alpha + C(1-\alpha)}{C} \quad (5.8)$$

Ua tenglamadan:

$$\alpha = \frac{i-1}{n-1} \quad \text{kelib chiqadi} \quad (5.9)$$

Hisoblab elektrolitlar uchun ($n=2$) $\alpha = i-1$

Shunday qilib, izotonik koeffitsient (i) orqali dissotsialanish darajasini aniqlash mumkin.

i - ni quyidagi tenglamalarning biridan foydalanib hisoblash mumkin:

$$\begin{aligned} i &= \left(\frac{\pi_2}{\pi_1} \right)_{\text{eritma kons.}} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)_{\text{eritma kons.}} = \\ &= \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)_{\text{eritma kons.}} \quad \text{eritma kons. berilgan bo'lsa} \\ &= \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)_{\text{eritma kons. berilgan bo'lsa}} \end{aligned} \quad (5.10)$$

KUCHSIZ ELEKTROLITLAR. IONLAR MUVOZANATI

Dissotsialanish konstantasi. Elektrolitlarning dissotsialanish jarayoni qaytar jarayondir. Molekulalardan hosil bo'lgan ionlar bir-biri bilan uchrashuvi natijasida birikib, qaytadan molekular hosil qilishi mumkin. Shuning uchun, masalan, binar AB elektrolitning dissotsialanish muvozanatining konstantasi quyidagicha bo'ladi. $AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$ reaksiya uchun:

$$K_{\text{d}} = \frac{a_{A^+} a_{B^-}}{a_{AB}} \quad (5.11)$$

yoki suyultirilgan eritma uchun:

$$K_{\text{d}} = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]} \quad (5.12)$$

bu yerda, a_{AB} , a_{A^+} , a_{B^-} – dissotsialanmagan molekula, kation va anionlarning muvozanat qaror topgan paytdagi termodinamik aktivligi (suyultirilgan eritmalar uchun $[A^+]$, $[B^-]$, $[AB]$ konsentratsiyulardan foydalanish mumkin). Bu konsentratsiya jarayonda muvozanat qaror tilgundagi konsentratsiyasi deyiladi.

Dissotsialanish kontantasing qiymatini Vant-Goffning izoterma tenglamasidan foydalanib hisoblab chiqarish mumkin:

$$\Delta G_d = -RT \ln K_d$$

Muvozanat konstantasining dissotsialanish darajasini α bilan ifodalash ham qabul qilingan. Agar binar elektrolit eritma AB ning dastlabki konsentratsiyasi C , dissotsialanish darajasi α bo'lsa, kation va anionning konsentratsiyasi $[A^+] = [B^-] = C\alpha$ bo'ladi, dissotsialanmagan molekular konsentratsiyasi $[AB] = C - C\alpha = C(1-\alpha)$ bo'ladi. Bu qiymatlar muvozanat konstanta ifodasiga qo'yilsa:

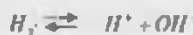
$$K_d = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]} = \frac{C^2\alpha^2}{C(1-\alpha)} = C \frac{\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha} \cdot \frac{1}{V} \quad (5.13)$$

buunda, V - suyultirish.

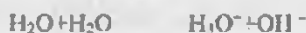
Demak, α konsentratsiyaga teskari mutanosib va eritma suyultirilgan sari dissotsialanish darajasi (α) ning qiymati ortib cheksiz suyultirilganlikda $\alpha=1$ bo'ladi.

Quyida dissotsialanish muvozanatini elektrolitning ba'zi termodinamik va kimyoviy xossalari ta'biq baxs etiladi.

Suvning dissotsialanishi. Suv oz bo'lsa ham vodorod va gidroksil ionlariga dissotsialanadi:



Suvli eritmalarda H^+ ionni doimo gidratlangan holda $H^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+$ bo'ladi. H_3O^+ gidroksoniy ionni deyiladi. Hozir H_3O^+ kabi boshqa ionlar ham ma'lum, masalan, $H_5O_2^+$. Shunga ko'ra, dissotsiatsiya reaksiyasi quyidagicha bo'ladi:



qulaylik uchun H_2O o'rniga H^+ belgisini yozamiz, lekin aslida (H^+) yozilganda u (H_2O^+) ekanligini esda tutish kerak.

Suvning dissotsialanish konstantasi:

$$K_{H_2O} = \frac{C_{H^+} \cdot C_{OH^-}}{C_{H_2O}} \quad (5.14)$$

ba'zan: $K_{H_2O} = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$ bo'ladi.

Suv juda kam dissotsialanadi. Suvning dissotsialanish darajasi 293 K (25°C) da, $\alpha = 1.8 \cdot 10^{-9}$ ga teng. Dissotsialanish natijasida suvning konsentratsiyasi amalda uncha o'zgarmaydi. Shunga ko'ra, C_{H_2O} ni amalda turg'un deb qabul qilish mumkin va (VIII.7) tenglama quyidagicha yoziladi:

$$K_d \cdot C_{H_2O} - C_{H^+} \cdot C_{OH^-} = \text{const} = K_s$$

K_s - suv ionlarining ko'paytmasi deyiladi.

Suvda H^+ va OH^- ionlarining aktivligi va konsentratsiyasi baravar bo'lganligidan $[H^+] = [OH^-] = \sqrt{\text{const} \cdot \alpha_{H_2O}} = 1.8 \cdot 10^{-9}$, $C_{H_2O} = \frac{1000}{18} = 55,56$

$$[H^+][OH^-] = K_s, [H^+] = [OH^-] = \alpha, C_{H_2O} = 1.8 \cdot 10^{-9} \cdot 55,56 = 1,004 \cdot 10^{-7} \text{г-ион/л},$$

$K_s = [H^+][OH^-] = (1,004 \cdot 10^{-7})^2 = 10^{-14}$. $[H^+]$ bilan $[OH^-]$ ning ko'paytmasi turg'un kattalik bo'lganligidan (10^{-14}), eritmada $[H^+]$ ning ko'payishi $[OH^-]$ ning kamayishiga, $[H^+]$ ning kamayishi esa $[OH^-]$ ning ko'payishiga olib keladi, ya'ni ko'paytma doimo 10^{-14} ga teng bo'ladi. Shunga ko'ra, $[H^+]$ va $[OH^-]$ ning qiymati ularning bittasi orqali ifodalanishi mumkin. Odatda $[H^+]$ orqali ifodalash qabul qilingan. Agar muhit neytral bo'lsa; $[H^+] = [OH^-]$ va $[H^+] = 10^{-7}$, agar muhit kislotali bo'lsa: $[H^+] > [OH^-]$ va $[H^+] > 10^{-7}$, agar muhit ishqoriy bo'lsa: $[H^+] < [OH^-]$ va $[H^+] < 10^{-7}$.

Yuqoridagi tenglamalarda eritmalar uchun konsentratsiya o'rniga termodinamik aktivlik ifodasini qo'yish kerak. Cheksiz suyultirilgan eritmalar uchungina konsentratsiya ifodasini qoldirish mumkin.

$$K_d = \frac{a_{H^+} \cdot a_{OH^-}}{a_{H_2O}} \quad (5.15)$$

$$K_d \cdot a_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-} = \text{const} = K_{H_2O}$$

Demak: $K_{H_2O} = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}$ va $a_{H^+} > a_{OH^-}$ – kislotali muhitda
 $a_{H^+} < a_{OH^-}$ – ishqoriy muhitda
 $a_{H^+} = a_{OH^-}$ – neytral muhitda

Leikin muhitning kislotali yoki ishqoriy ekanligini bunday ifodalash noqulay. Shunga ko'ra, muhitning reaksiyasi vodorod ioni konsentratsiyasining *manfiy ishorasi bilan olingan logarifmi* orqali ifodalanadi. Bu miqdori eritmaning *vodorod ko'rsatkichi deyiladi* va pH bilan belgilanadi:

$$\left. \begin{aligned} pH &= -\lg a_{H^+}; & P_{H^+} &= -\lg a_{H^+} \\ pH &= -\lg [H^+]; & P_{H^+} &= -\lg [H^+] \end{aligned} \right\} \quad (5.16)$$

Haroratning o'zgarishi bilan suvning dissotsialanish darajasi va dissotsialanish konstantasi o'zgaradi. Natijada reaksiya muhitini ifodalovchi pH- ning qiymati ham o'zgaradi.

Eritmada H^+ ionlarining konsentratsiyasi ma'lum bo'lsa, pH ning qiymatini, aksincha pH -ma'lum bo'lsa, H^+ ning konsentratsiyasini (5.10) tenglamalar yordamida hisoblash mumkin: $[H^+] = 10^{-pH}$ (5.17)

5.2. ELEKTROLITLARNING ELEKTR O'TKAZIVCHANLIGI

Ionlarning harakatchanligi va tashish soni

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik. Elektrolit eritmalarida mavjud bo'lgan ionlar tartibsiz harakatda bo'ladi. Eritma orqali *elektr oqimi* o'tkazilganda bu ionlarning harakati tartibga tushib, ular katod hamda anod tomon elektr zaryadini tashib, eritmaning elektr tokini o'tkazishiga sababchi bo'ladi.

Eritmalarning elektr o'tkazuvchanligini, ularning elektr tokini o'tishiga ko'rsatgan *qarshiligi* orqali ifodalash mumkin. Ma'lumki, o'tkazgichda kuzatilgan qarshilik (R)

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

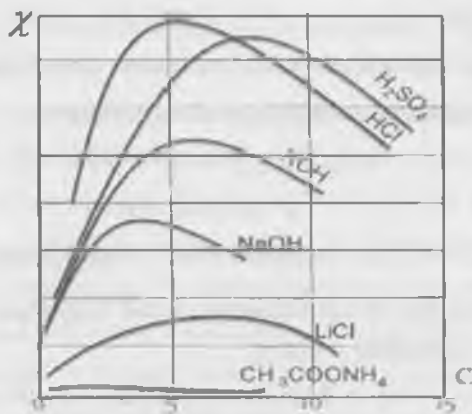
bu ladi, bunda:

l – o'tkazgichning uzunligi; S – uning ko'ndalang kesim yuzasi;

ρ – solishtirma qarshilik.

Kuzatilgan qarshilikni teskari qiymati kuzatilgan elektr o'tkazuvchanlikga tengdir, ya'ni $\lambda_{\infty} = \frac{1}{R}$. Xuddi shunga o'xshash holda

ρ -ning teskari qiymatiga, ya'ni $\frac{1}{\rho} = \chi$, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik deyiladi. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik – bir-biridan 1 metr (1 sm) oraliqda va 1 cm^2 (1 cm^2 yuzali) ikki tekis elektrodlar orasida joylashgan suyuqlikning elektr o'tkazuvchanligidir. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik o'lchami $\text{OM}^{-1}\text{M}^{-1}$ ($\text{OM}^{-1}\text{cm}^{-1}$) bilan ifodalanadi. Muayyan haroratda eritmaning konsentratsiyasi ortishi bilan elektr o'tkazuvchanlik dastlab ko'paya boradi. Ma'lum konsentratsiyadan so'ng esa, kamaya boshlaydi.



5.1-rasm. λ_v ni konsentratsiya bog'liqligi:

1- H_2SO_4 ; 2- HCl ; 3- KOH ; 4- MgSO_4 ; 5- CH_3COOH .

« λ - C » egri chizig'ining maksimumdan o'tishiga asosiy sabab quyidagilardir: elektr o'tkazuvchanlik ionlarning soniga va ularning harakat tezligiga bog'liq. Konsentratsiya o'zgarishi bilan kuchsiz elektrolitlar ionining harakat tezligi deyarli o'zgarmaydi. Shunga ko'ra, kuchsiz elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanlik qiymati, asosan, ionlarning soniga bog'liq. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik konsentratsiya ortishi bilan ma'lum miqdorlarda oshib boradi (V.1. rasm). Konsentratsiya ortishi bilan bir tomondan: ($C_{\text{max}} = \alpha C_0$) muvofiq erigan modda molekulalarining soni ko'payishi bilan ionlarning soni ko'paysa, ikkinchi tomondan dissotsialanish darajasining kamayishi natijasida ionlarning soni kamayadi. Maksimumgacha birinchi effekt, so'ng ikkinchi effekt ustunlik qiladi.

Harorat ko'tarilishi bilan, asosan, quyidagi uch xil o'zgarish bo'ladi:

- 1) muhitning qovushqoqligi kamayadi,
- 2) ionlarning gidratlanishi pasayadi,
- 3) ionlarning harakat tezligi ortadi. Odatda, buning natijasida haroratning bir gradusga ko'tarilishi bilan suvdagi eritmalarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi 2-2,5 barobar ortadi.

Suyultirilgan elektrolit eritmalarni solishtirma elektr o'tkazuvchanligi (λ_c) ni haroratga bog'liqligi quyidagi tenglama bo'yicha ifodalanadi:

$$\lambda_{ct} = \lambda_{c(25^\circ\text{C})} [1 + \alpha(t - 25) + \beta(t - 25)^2]$$

$$\beta = 0,0163(\alpha - 0,0174)$$

bunda $\lambda_{c(25^\circ\text{C})}$ -25°C dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanlik, α va β - elektr o'tkazuvchanlikning harorat koeffitsientlari, kuchli kislotalarda $\alpha = 0,0164$, kuchli asoslarda $\alpha = 0,0190$, tuzlarda $\alpha = 0,022$.

Bosim o'zgarishi bilan solishtirma elektr o'tkazuvchanlik deyarli o'zgarmaydi. Masalan, bosim 2000 atmosferaga o'zgarganda sirka kislotasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi 0,6% ga kamayadi.

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik. Yuqorida ko'rib o'tilganidek, solishtirma elektr o'tkazuvchanlik eritma konsentratsiyasining o'zgarishi bilan o'zgaradi. Bu

miqdorlarni oddiy ifoda bilan yozib bo'lmaydi. Amalda solishtirma elektr o'tkazuvchanlikdan foydalanish ancha noqulaydir. Shuning uchun, ko'pincha ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikdan foydalaniladi.

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik – bir-biridan 1 m (yoki 1 sm) uzoqlikdagi 1 m² (1 cm²) tekis yuzaga ega bo'lgan elektrodlar orasiga joylashib, tarkibida 1 kg-ekvivalent (yoki 1g - ekvivalent) erigan modda bo'lgan eritmaning elektr o'tkazuvchanligidir.

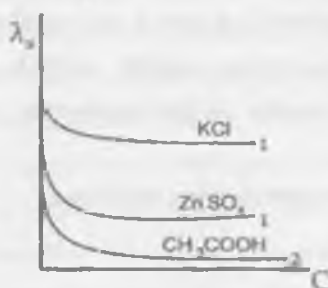
Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik λ_e quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$\lambda_e = \frac{X_e}{C} = X_e \cdot V, \quad V = m^3 \quad (5.18)$$

$$\text{yoki} \quad \lambda_e = \frac{X_e \cdot 1000}{C} = 1000 X_e \cdot V; \quad V = m \quad (5.19)$$

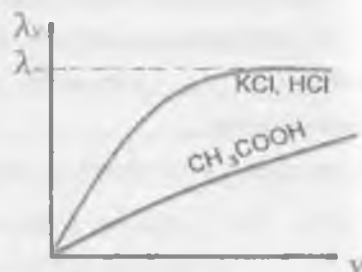
bu yerda, C - eritmaning kg-ekv. Yoki g-ekv. bilan ifodalangan (normal) konsentratsiyasi, V-konsentratsiyaga teskari miqdor – eritmaning suyultirilganligi (1 kg-ekv yoki gr-ekv), ya'ni erigan modda tutgan eritma hajmi m³ (yoki litr bilan). Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning o'lchami OM⁻¹·m²/(kg-ekv), yoki OM⁻¹cm²/(g-ekv)dir. Elektr o'tkazuvchanlikni 1 g-ekv moddaga nisbatan olinganligini nazarda tutib, o'lcham sifatida ba'zan, g-ekv tushirib qoldiriladi va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik OM⁻¹ m² (OM⁻¹·cm²) bilan ifodalanadi. Solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik ifodalarini bir-biri bilan taqqoslasak, quyidagi holni ko'ramiz. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlikda hajm bir xil (m³) qolib, *bu hajmdagi erigan moddaning miqdori o'zgaradi*. Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikda esa aksincha, erigan moddaning miqdori bir xil (1 gramm-ekvivalent) qolib, *eritmaning hajmi o'zgaradi*. Tuzning, ya'ni eritmaning konsentratsiyasi oshishi bilan ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik kamayadi (V.2-rasm). Shuni ham aytib o'tish kerakki, *suyultirish bilan ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning ortishi chegarasiz bo'lmaydi* (V.3-rasm). Ma'lum suyultirishdan so'ng elektr o'tkazuvchanlikning ortishi *to'xtaydi*, chunki suyultirib borish bilan ionlar orasidagi masofa ortadi – ionlarning elektrodan-elektrodga ko'chish tezligi ortib boradi va shu bilan bog'liq ravishda λ_e ham ortadi. Kuchli elektrolitlarda bu juda tez, kuchsiz elektrolitlarda esa sekin sodir bo'ladi.

Elektr o'tkazuvchanlikning doimiy bo'lib qolishiga sabab, eritmani qanchagacha suyultirishdan qat'iy nazar erigan modda miqdori o'zgarmaydi ($Ig - ekv$), ya'ni ionlar soni o'zgarmaydi.



5.2-rasm. Ekvivalent elektr

o'tkazuvchanlikka eritma konsentratsiyasining ta'siri



5.3-rasm. Ekvivalent elektr o'tkazuv-

chanlikning eritma suyultirilishi bilan o'zgarishi

Demak, konsentratsiya ortishi bilan eritmalarning elektr o'tkazuvchanligi kamayadi. Eritmani suyultirish bilan uning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi ma'lum bir maksimum qiymatga erishadi, buni *cheksiz suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik* (λ_0) deyiladi.

Grafikdan ko'rinib turibdiki, kuchli elektrolitlarning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi suyultirish bilan ortib, keyin o'zgarmay qoladi. Kuchsiz elektrolitlarda esa ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik tajriba to'xtamaguncha ortib boraveradi, ya'ni α ga bog'liq. Bundan

$$\lambda_1 = K \cdot \alpha \quad \alpha=1 \text{ bo'lsa} \quad K = \lambda_0 \quad \lambda_1 = \lambda_0 \cdot \alpha$$

$$\alpha = \frac{\lambda_1}{\lambda_0} - \text{bu nisbat eritmadagi elektrolitning haqiqiy dissotsiya-} \text{tsiyalanish}$$

darajasini bildiradi. Bu formula Arrhenius tomonidan taklif qilingan bo'lib, tajriba asosida topilgan ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikdan foydalanib, elektrolitning dissotsiatsiyalanish darajasini hisoblab topish imkonini beradi.

Kuchli elektrolitlarda bu nisbat elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti deb ataladi:

$\rho = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$ bilan belgilanadi. Cheksiz suyultirilgandagi elektr o'tkazuvchanlik elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanliklarini xarakterlovchi muhim omildir.

Elektr o'tkazuvchanlikning molyar elektr o'tkazuvchanlik λ_m ifodasi ham bor. Bu kattaligi λ , dan farqi, konsentratsiyasi (C) molyar miqdorda bo'ladi, ya'ni:

$$\lambda_m = \frac{\lambda}{C} = \lambda \cdot V; (V = M^{-3})$$

$$\lambda_m = \frac{\lambda \cdot 1000}{c}; (V = n)$$

Tashib soni. Binar elektrolit eritmani ko'ndalang kesim yuzasi 1 m^2 (1 cm^2) bo'lgan silindrga solib, elektrodlar oralig'i 1 m (1 sm) masofaga ega deb faraz qilaylik. Eritmaning konsentratsiyasi C (kg-ekv yoki g.ekv), dissotsialanish darajasi α - bo'lsa, ionlarning konsentratsiyasi C_{\pm} bo'ladi. Bu elektrolit orqali elektr oqimi o'tib, kuchlanishning ayirmasi $E=I \cdot R$ bo'lsin; U - kationlarning harakat tezligi, V - anionlarning harakat tezligi bo'lsin. Endi ionlar bir sekundda olib o'tgan elektr miqdorini hisoblab ko'raylik. Olib o'tilgan elektr miqdori (bizning sharoitimizda elektr oqimi zichligi) kation va anionlar olib o'tgan elektr miqdorining yig'indisiga teng. SI va eski o'lchov birliklarida

$$I = C_{\pm} F U + C_{\mp} F V \quad \text{yoki} \quad I = (C_{\pm} F U + C_{\mp} F V) / 1000 \quad (5.20)$$

bu erda, (C_{\pm}) - ionlarning konsentratsiyasi bo'ladi. F-bir kg-ekv (gr-ekv) ionning olib o'tgan elektr miqdori bo'lib, Faradey qonuniga ko'ra taxminan $(9,65 \cdot 10^7 \text{ klg}^{-1} \text{ kg-ekv})$ (96500) kulonga teng: Bir kg-ekv ionning tashib o'tgan elektr miqdori F_{\pm} bo'ladi; (C_{\pm}) kg-ekv ionning tashib o'tgan elektr miqdori $(C_{\pm} F_{\pm})$ - teng bo'ladi. $C_{\pm} F U$ -kationlarning, $C_{\mp} F V$ -anionlarning olib o'tgan elektr miqdori.

Olib o'tilgan umumiy elektr miqdoridan:

$$n_{\pm} = \frac{C_{\pm} F U}{C_{\pm} F U + C_{\mp} F V} = \frac{U}{U + V} \quad (5.21a)$$

qismini kationlar,

$$z = \frac{CaFV}{Ca^+U + CaFV} = \frac{V}{u+V} \quad (5.21b)$$

qismini esa, anionlar tashib o'tgan bo'ladi.

n_+ va n_- kation va anionlarning tashish soni deb ataladi. Shunday qilib, ionning tashish soni shu ion umumiy elektr miqdorining qanchu qismini tashib o'tganini ko'rsatadi.

(5.20) va (5.21) tenglamalardan

$$n_+ + n_- = 1 \quad (5.22)$$

$$\frac{n_+}{n_-} = \frac{u}{V} \quad (5.23)$$

ekanligi ko'rinib turibdi.

Odatda kichik o'lchamdagi ionlarning tashish soni katta o'lchamdagi ionlarning tashish sonidan ortiq bo'ladi. Shu sababdan, kationlarning tashish soni anionlarning tashish sonidan kattadir. Tashish soni elektrolit eritma konsentratsiyasi o'zgarishi bilan bir oz o'zgaradi.

Ionlarning harakatchanligi. Elektrolit eritmalarida ionlar tartibsiz harakatda bo'ladi va undan elektr toki oqimi o'tkazilsa ionlarni harakati yo'nalishi ma'lum tomonga o'zgaradi. Elektr tokini eritmadagi tez harakatga ega bo'lgan ion tashib o'tadi. Odatda cheksiz suyultirilgan suvli elektrolit eritmalaridagi ionlarni absolyut harakat tezligi (v) 0,0004 da 0,0008 $\text{cm}^2 \text{ b}^{-1} \text{ sek}^{-1}$ qiymatlar oralig'ida bo'ladi. Eng yuqori harakat tezligiga gidroksoniy (H_3O^+) va gidroksil (OH^-) ionlari egadir, ya'ni ularni tezligi 25°C da $v_{\text{H}_3\text{O}^+} = 0,003625$, $v_{\text{OH}^-} = 0,002048$ ga teng. Yuqorida ionlar olib o'tgan umumiy elektr oqimi miqdori:

$$I = (Ca^+Fu + Ca^-fv) \quad \text{ga teng}$$

ekanligini ko'rgan edik. Bunda elektr toki oqimining zichligi oqim kuchi - I ga teng Om qonuniga ko'ra:

$$I = \frac{E}{r} = E\lambda.$$

bo'ladi. Ikkinchi tomondan tajriba shartiga binoan $E = Ib$.

Demak: $\lambda_+ = C\alpha^+U + C\alpha^-V$ (5.24)

tenglamaning ikki tomonini C ga bo'lsak va (V.24) ni e'tiborga olsak:

$$\lambda_+ = \alpha(FU_+ + FV_+) = \alpha F(U_+ + V_+) \quad (5.24a)$$

bo'ladi. Kuchli elektrolit va suyultirilgan kuchsiz elektrolitlarda $\alpha = 1$ bo'ladi.

Ion tezligi eritmada o'tayotgan elektr toki oqimining kuchlanishiga (E) va eritma temperaturasiga proporsionaldir. $E=1$ va $T_0=298^\circ\text{K}$ bo'lganda ionlar tezligi ionlarning absolyut tezligi deb ataladi va U_0, V_0 bilan belgilanadi. Demak, $\alpha=1$ bo'lganda, λ_+, λ_- ga teng bo'ladi. Shunga binoan $\alpha=1$ bo'lganda (VIII.46) tenglamadan

$$\lambda_+ = FU_0 + FV_0 \quad (5.25)$$

bo'ladi. (5.24, 5.25) tenglamalardan

$$\lambda_+ = \alpha\lambda_+ \frac{U+V}{U_0+V_0} = \alpha\lambda_+ f_+$$

$f_+ = \frac{U+V}{U_0+V_0}$ elektr o'tkazuvchanlik koeffitsientidir. Suyultirilgan kuchsiz

elektrolit eritmalarida $f_+ = 1$ bo'ladi va bu xil eritmalar uchun

$$\alpha = \frac{\lambda_+}{\lambda_+} \quad (5.26)$$

Shunday qilib, eritmaning dissotsiyanish darajasi elektr o'tkazuvchanlikni o'lchash yo'li bilan ham aniqlanishi mumkin. $\lambda_+ = FU_0, \lambda_- = FV_0$ deb olsak (5.25) tenglamadan

$$\lambda_+ = \lambda_+ + \lambda_- \quad (5.27)$$

bo'ladi, bu yerda λ_+, λ_- kation va anion harakatchanligi. Shunday qilib, cheksiz suyultirilgan kuchsiz elektrolit eritmalarining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi kation bilan anionning harakatchanligi yig'indisi $(\lambda_+ + \lambda_-)$ ga teng (*Kolraush qonuni*). Bu qonun *ionlarning mustaqil harakatlanish qonuni* deb ham ataladi.

Shunday qilib, ionlarning tashish soni va eritma cheksiz suyultirishdagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi orqali ham ionlarning harakatchanligini hisoblab topish mumkin bo'ladi.

Eritma haroratining ko'tarilishi bilan ionlarning harakatchanligi oshadi. Bu o'zgarish quyidagicha ifodalanadi:

$$\lambda_1(\lambda) = Ae^{-Q/RT} \quad (5.28)$$

bu yerda: R - gazlarning universal doimiysi; T - absolyut harorat, A - haroratga bog'liq bo'lmagan doimiy son, Q - suvdagi eritmalarda (H^+ va OH^- - ionlardan boshqa ionlar uchun) taxminan 15,06 kJ ga teng. Harorat ko'tarilishi bilan qovushqoqlikning kamayishi va eritma cheksiz suyultirilgandagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning λ ortishi (bu miqdorlarning temperatura koeffitsientlari) taxminan tengdir. Demak, eritma cheksiz suyultirilgandagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning qovushqoqlikka ko'paytmasi istalgan haroratda o'zgarish kattaligidir:

$$\lambda_1 \eta = const \quad (5.29)$$

Bu tenglama *Valden - Pitsarjevskiy* qoidasi nomi bilan ma'lum. Bundan ko'rinadiki, qovushqoqlikning kamayishi bilan ionlarning harakatchanligi kuchayadi.

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning konsentratsiyaga qarab o'zgarishi miqdor jihatidan *suyultirish qonuni* bilan ifodalanadi. Agar (5.10) tenglamasiga $a = \frac{\lambda_1}{\lambda}$ ning qiymatini qo'ysak:

$$K = C \frac{a^2}{1-a} = \frac{C\lambda_1^2}{\lambda_1(\lambda_1 - \lambda)} \quad (5.30)$$

yoki

$$\lambda_1 = \frac{K}{2C} \left(\sqrt{1 + \frac{4C}{K}} - 1 \right) \lambda \quad (5.31)$$

Bu tenglama *Ostvaldning suyultirish qonuni* yoki to'g'ridan-to'g'ri suyultirish qonuni deb ataladi. Bu qonun ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik λ_1 ni eritma konsentratsiyasi bilan o'zgarishini ifodalaydi.

KUCHLI ELEKTROLIT ERITMALARNING KOSSALARI

Kuchli elektrolitlar eritmasini optik va spektral analiz qilish usullari vositasida tekshirish natijalari bu xildagi eritmalarda dissotsialanmagan molekullar bo'lmashligini ko'rsatadi.

Kuchli elektrolitlar xossalarning o'zgarishi, asosan, ionlar orasidagi tortishuv kuchining o'zgarishiga bog'liq. Jumladan, eritma suyultirilganda o'zgarishi, asosan, ana shu elektrostatik tortishuv kuchining o'zgarishidan kelib chiqadi.

Bular kuchli elektrolitlarning yangi nazariyasini yaratishga da'vat qiladi. 1894 yilda Van-Lar ionlar o'rtasidagi elektrostatik kuchni e'tiborga olish kerakligini aytdi. Sezerlend (1902) va Ganch (1906) kuchli elektrolit hamma konsentratsiyada ham to'la dissotsialanadi degan nazariyani ko'tarib chiqdilar va hokazo. Nihoyat, 1923 yilda Debay va Xyukkel kuchli elektrolitlarning *miqdoriy nazariyasiga asos soldilar*

Kuchli elektrolit eritmalarida molekulalar to'liq dissotsialangan bo'lganligi, ya'ni $\alpha = 1$ ekanligi sababli elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti

$$f_2 = \frac{\lambda_{\text{er}}}{\lambda_0} \quad \text{teng bo'ladi.}$$

Bu tenglama bilan (5.32) tenglama solishtirilsa kuchli elektrolit eritmalarida kuchsiz elektrolit eritmalaridan keskin farqlanishi ko'rinadi.

ION ATMOSFERASI. Biz yuqorida ionlar bilan erituvchi orasida o'zaro ta'sir borligini, buning natijasida ion solvatlarining hosil bo'lishini ko'rib o'tdik.

Haqiqatda esa ionlar o'rtasida elektrostatik tortishuv mavjud. Bu kuch ta'sirida ionlar eritma hajmida ma'lum tartib bilan, kristall panjarasidek, har qaysi ion qarama-qarshi ishorali ion bilan qurshalgan holda joylanishga imtiladi.

Ionlar orasidagi tortishuv kuchi molekulalar orasidagi tortishuv kuchidan ancha katta bo'lib uzoq masofaga ta'sir qiladi. Molekulalar orasidagi tortishuv kuchi oraliqning oltinchi darajasiga, ionlar o'rtasidagi tortishuv kuchi esa oraliqning kvadratiga teskari proportsional ravishda o'zgaradi. Shunday qilib, elektrolitlarda ayniqsa, kuchli elektrolitlarda ionlar orasidagi tortishuv kuchi anchagina masofagacha seziladi.

Ionlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchini hisobga olmaslik ko'p xatolikka olib keladi. Tajribada olingan ko'pgina ma'lumotlar buni tasdiqlaydi. Shunga muvofiq, har qaysi anion kationlar bilan, har qaysi kation esa anionlar bilan qurshab olingan

bo'ladi. Ionlarning ana shunday to'plami *ionlar atmosferasi* deb ataladi, o'rtadagi, ya'ni qarama-qarshi zaryadli ionlar bilan o'rab olingan ion - *markaziy ion* deyiladi.



Shuni ham aytib o'tish kerakki, ionlar atmosferasi sxema tarzida bayon etiladi, haqiqatda esa ionlar atmosferasi oddiy bo'lmaydi. Ionlar atmosferasidagi har qaysi ion boshqa bir atmosferaning markaziy ion bo'lishi mumkin.

Ion atmosferasining mavjudligi, turli ishorasi ionlarning bir biriga tortishuvini kuchsizlantiradi va ularni qaytadan birlashib molekula hosil qilishini qiyinlashtiradi.

Kuchsiz elektrolit eritmalarida ham ion atmosferasi mavjud. Lekin bu xil eritmalarida ularning (*ion atmosferasining*) elektr zaryadi kichik bo'lganligidan, eritma xossasiga sezilarli ta'sir qilmaydi.

5.3. IONLARNING TERMODINAMIK AKTIVLIGI. ION KUCHI.

Ma'lumki, real eritmalarida konsentratsiya o'rniga aktivlik (a) ni ishlatish kerak:

$$a = \gamma \cdot C \quad (5.32)$$

Shunga ko'ra elektrolit eritmalaridagi ionlar aktivligi (a_+ , a_-) eritma konsentratsiyasi bilan quyidagicha bog'langan:

$$a_+ = \gamma_+ \cdot C^+; \quad a_- = \gamma_- \cdot C^-$$

bu erda, γ_+ , γ_- - kation va anionlarni aktivlik koeffitsientlari;

C^+ , C^- - kation va anionni molyar konsentratsiyasi.

Mana shu xususiyatdan kelib chiqqan holda umumiy holatda

$$a_{\pm} = \gamma_{\pm} \cdot C^{\pm} \quad \text{deb ifoda qilish mumkin.}$$

Elektrolitmas eritmalarida zarrachalar orasidagi tortishuv kuchi kichik bo'lganidan konsentratsiyadan foydalanish uncha katta xatolikka olib kelmaydi. Ionlarda elektr zaryadi bo'lganligi va natijada o'z atrofida elektr maydoni hosil qilganligi uchun, ular orasidagi tortishuv kuchi katta bo'ladi. Agar bu kuch hisobga olinmasa, sezilarli xato qilingan bo'ladi. Shuning uchun, elektrolit eritmalarida, ayniqsa kuchli elektrolitlarda aktivlik o'rniga konsentratsiyadan foydalanish bir oz

xatolikka olib keladi, faqat ularning cheksiz suyultirilgan eritmaları uchungina kontsentratsiya ifodasini qo'llash mumkin.

Hozirgi vaqtda ayrim ionlarning aktivligini (*aktivlik koeffitsientini*) aniq o'lchaydigan usul yo'q. odatda elektrolitning o'rtacha aktivligi o'lchanadi.

Ikki xil o'rtacha aktivlik ifodasi bor:

a - molyal aktivlik, a_{\pm} -ionlarning o'rtacha aktivligi, a - kuchli elektrolitning eritmadagi termodinamik aktivligi bo'lib, uning dissotsialanishi e'tiborga olinmagan. a ning qiymati elektrolitmas moddalarning aktivligi o'lchanadigan usullar yordamida aniqlanadi. Agar elektrolit eritma quyidagicha dissotsiyalansa:



n^{+} , m^{-} -kation va anion zaryadi, u holda a - molyal aktivlik bo'ladi:

$$a = a^{+ \cdot n} \cdot a^{m-} \quad (5.33)$$

Ionlarning o'rtacha aktivligi

$$a_{\pm} = (a^{+ \cdot n} \cdot a^{m-})^{\frac{1}{N}}; N = n + m \quad (5.34)$$

Bu ikki o'rtacha miqdor bir-biri bilan quyidagicha bog'langan:

$$a = a_{\pm}^N \quad (5.35)$$

Shunday qilib, a ni o'lchash yo'li bilan a_{\pm} ni aniqlash mumkin va aksincha. Xuddi shunga o'xshash, aktivlik koeffitsienti uchun ham ikkita o'rtacha miqdor bor: molyal o'rtacha aktivlik koeffitsienti va γ_{\pm} ionlarning o'rtacha aktivlik koeffitsienti:

$$\gamma = \gamma_{\pm}^N \quad (5.36)$$

$$\gamma_{\pm} = (\gamma \cdot \gamma^{m-})^{\frac{1}{N}} \quad (5.37)$$

Termodinamik aktivlik va aktivlik koeffitsientining qiymatlari eritmaning qunday xossasi orqali o'lchangan bo'lishidan qat'iy nazar, bir xil bo'ladi. Ionlarning aktivlik koeffitsienti odatda elektr yurituvchi kuchni o'lchash yo'li bilan aniqlanadi. Bu usul X bobda bayon etiladi.

ION KUCHI. Suyultirilgan elektrolit eritmalarida ionlarning o'rtacha aktivlik koeffitsienti eritmada mavjud bo'lgan ionlarning tabiati, xili va boshqa xossalariiga bog'liq bo'lmasdan eritmaning ion kuchiga bog'liqdir.

Ion kuchi (I) eritmadagi ionlar konsentratsiyasi (C) bilan shu ionlar zaryadi miqdorining (Z) kvadrati ko'paytmasining yig'indisini yarmiga teng:

$$I = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2 \quad \text{yoki} \quad I = \frac{1}{2} \sum m_i Z_i^2 \quad (5.38)$$

Masalan, 1000 g suvda 0,01 mol CaCl_2 va 0,1 mol Na_2SO_4 erigan bo'lsa unda ion kuchi:

$$I = \frac{1}{2} (0,01 \cdot 2^2 + 0,02 \cdot 1^2 + 0,2 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 2^2) = 0,33 \quad \text{ga teng bo'ladi.}$$

Eritmaning ion kuchi ionlar aktivligiga ta'sir qiladi. Ma'lum miqdorda suyultirilgan elektrolit eritmaning aktivlik koeffitsienti faqat uning ion kuchiga bog'liq bo'lib, eritmadagi ionlarning xiliga bog'liq emas (*ion kuchi qoidasi*).

ELEKTROLITLARNING ELEKTROSTATIK NAZARIYASI (DEBAY-XYUKKEL NAZARIYASI). AKTIVLIK KOEFFITSIENTINI HISOBLASHI

Kuchli elektrolitlarning suyultirilgan eritmasining *elektrostatik nazariyasini* 1923 yilda Debay va Xyukkel yaratdilar. Bu nazariya, γ , va γ_{\pm} larni hisoblashga, ion kuchi qoidasini nazariy asoslashga imkon berdi.

Debay-Xyukkel ayrim ionlar orasidagi tortishuv kuchi o'rniga ionlar atmosferasidagi tortishuv kuchini, ya'ni markaziy ion bilan uning atmosferasi orasidagi tortishuv kuchini va markaziy iondan uzoqlashgan sari ionlar atmosferasidagi elektr zaryadi zichligining o'zgarishini hisoblab chiqqanlar. Ular ayrim ionlarning potentsiallari o'rniga ionlar atmosferasi bo'yicha zaryadi zichligining uzluksiz o'zgarishini hisobga oldilar.

Shu bilan birga bu olimlar elektrolit eritmalarini ideal eritmalar qonunlaridan chetlanish sababini ionlar orasidagi elektrostatik ta'sirlanish tufayli ekanligini hamda ionlar o'lchami qiymatining mavjudligini, shuningdek, elektrostatik ta'sirlanishni ion va uning atmosferasi orasida sodir bo'lishini taxmin qildilar. Valiolanki, ion atmosferasi statik ravishda hosil bo'ladigan holatdir.

Biz bu nazariyaning matematik tomonlarini bayon etmay, olingan natijani berish bilan chegaralanamiz. Bu nazariyaga ko'ra, aktivlik koeffitsienti quyidagi tenglamadan topiladi:

$$\lg \gamma_{\pm} = -Z^{+} \cdot Z^{-} \cdot A \sqrt{I} \quad (5.39)$$

$$A = \frac{1,286 \cdot 10^6 \cdot Z^{+} \cdot Z^{-}}{(\epsilon T)^{3/2}}$$

bu erda: I - ion kuchi, Z^{+} , Z^{-} - ionlarning zaryadi, A - ma'lum erituvchi uchun biror haroratdagi o'zgarimas son, ϵ - muhitning dielektrik konstantasi, T - absolyut harorat. Binar elektrolitlar uchun 289 K (25°C) da $\epsilon = 78,3$ va $A = 0,509$ ga teng. Shunga ko'ra (5.24) tenglama quyidagicha yoziladi (*suvdagi eritmalar uchun*)

$$\lg \gamma_{\pm} = -0,509 \sqrt{C} \quad (5.40)$$

bu yerda, C - molyal konsentratsiya.

Bu tenglama *Debay-Xyukkelning chegaralangan qonuni* deb ataladi.

Agar ionlar radiusi e'tiborga olinsa hamda kation va kationlar radiusi baravar deb qabul qilinsa, bir oz konsentrlangan suvli eritmalar uchun Debay-Xyukkel nazariyasi quyidagi tenglamani beradi:

$$\lg \gamma_{\pm} = -\frac{A \cdot Z^{+} \cdot Z^{-} \cdot \sqrt{I}}{1 + dB \sqrt{I}} \quad (5.41)$$

bu erda: B - nazariy koeffitsient va u 25°C da suv eritmalar uchun $0,33 \cdot 10^8$ ga teng; d - ionning o'rtacha diametri.

Bu tenglama konsentratsiyasi 0,001 molyaldan yuqori bo'lmagan eritmalar uchun iadbq etiladi. Agar erigan modda atrofidagi erituvchi molekulasining quthiligi e'tiborga olinsa, tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\lg \gamma_{\pm} = -\frac{A \cdot Z^{+} \cdot Z^{-} \cdot \sqrt{I}}{1 + B \cdot d \cdot \sqrt{I}} + C' \quad (5.42)$$

bunda, d - ionlarning o'rtacha effektiv, ya'ni solvat qatlamining diametrini hisobga olgan diametri ($r = 3-4 \cdot 10^{-8}$ sm); C' - erituvchi molekulalarini eritmada erigan modda ioni atrofida qutblanishini e'tiborga olish uchun kiritilgan qiymat.

KUCHLI ELEKTROLITLARNING ELEKTR O'TKAZUVCHANLIGI. Kuchsiz elektrolitlar erimasida konsentratsiya o'zgarishi bilan elektr o'tkazuvchanlikning o'zgarishi *Ostvaldning suyultirish qonuni* orqali ifodalanadi. Kuchli elektrolitlar esa suyultirish qonuniga bo'ysunmaydi.

Kuchli elektrolitlarda elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti (f_1)

$$f_1 = \frac{U+V}{U_+ + V_+} \quad \text{ga teng} \quad (5.41)$$

Suyultirilgan kuchsiz elektrolit eritmalarida ionlar orasidagi elektrostatik ta'sirlanish kam bo'lganligi sababli $U+V \approx U_+ + V_+$ ga va uning qiymati birga teng, shunga ko'ra $\lambda_+ = \alpha \lambda_{\infty} f_1$ bo'ladi.

Demak, kuchli elektrolit eritmalarida λ_+ ning eritma konsentratsiya bilan o'zgarishi asosan ionlar o'rtasidagi elektrostatik kuchlarning o'zgarishiga, ya'ni dissotsialanish darajasiga (α) bog'liqdir. *Kolraushning ionlarning mustaqil harakatlanish qonuni:*

$$\lambda_{\infty} = \lambda_+ + \lambda_-$$

kuchli elektrolitlar uchun ham o'z kuchini saqlaydi.

Kuchli elektrolitlarda λ_+ esa to'g'ri chiziq qonuni bo'yicha o'zgaradi. Kuchli elektrolitlar uchun Kolraush quyidagi bog'lanishni tajriba yo'li bilan topgan:

$$\lambda_+ = \lambda_{\infty} - \alpha \sqrt{C} \quad (5.44)$$

bu yerda a -har qaysi elektrolitga xos o'zgarmas miqdor.

Kuchli elektrolitlarda ionlarning harakatchanligini, demak, ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini uning eritma konsentratsiyasi ortishi bilan kamayishini *Debay va Xyukkel* ion atmosferasining mavjudligi bilan tushuntirdilar.

Kuchli elektrolit eritmalarida ionlar atmosferasi markaziy ionlarning harakatini susaytiradi va natijada kuchli elektrolit eritmalarining molyar elektr o'tkazuvchanligi kamayadi. Markaziy ion harakat qilganda quyidagi qarshiliklarga uchraydi. Markaziy ion va ionlar atmosferasi qarama-qarshi zaryadli bo'lganligi uchun qarama-qarshi tomonga harakat qilishga intiladi. Buning natijasida markaziy ion ma'lum to'siqqa uchraydi va uning harakati sekinlashadi. Bunday sekinlashish *elektroforetik (katoforetik) qarshilik* deb ataladi. Bu qarshilik natijasida ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning kamayishi konsentratsiyaning kvadrat ildiziga proporsional bo'ladi. Lekin markaziy ion qarama-qarshi tomonga harakat qilishi natijasida o'zining atmosferasidan ajralib, ionlar atmosferasisiz, ionlar atmosferasi esa

markaziy ionsiz harakat qiladi, deb o'ylash yaramaydi. Qarama-qarshi tomonga harakat qilish natijasida ion atmosferasidagi ionlarning bir qismi markaziy ionning elektr maydoni ta'siridan chiqadi va natijada ionlar atmosferasi huzilib ketadi. Markaziy ion esa o'z harakatida eritmaning yangi qismiga (*zonasiga*) kirib, atrofida yangi ionlar atmosferasini hosil qiladi.

Ionlar atmosferasining buzilishi va uning o'miga boshqa ionlar atmosferasining vujudga kelishi uchun ma'lum vaqt kerak bo'ladi. Bu vaqt *relaksatsion vaqt* deyiladi. Shu vaqt ichida markaziy ion oldinga suriladi, uning orqasidan esa *buzilayotgan atmosferaning* bir qismi ergashib boradi, *ion atmosferaning simmetrikligi buzilib, assimetrik holatga o'tadi*. Atmosferaning bu qoldig'i markaziy ionni o'ziga tortib, uning *harakatini sekinlashtiradi*. Bunday sekinlashish *relaksatsion qarshilik* yoki *assimetrik effekt* deyiladi. Bu qarshilik natijasida elektr o'tkazuvchanlikning kamayishi ham konsentratsiyaning kvadrat ildiziga proporsionaldir. Yuqorida aytib o'tilgan qarshiliklar sababli ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik cheksiz ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikdan kichik bo'ladi:

$$\lambda_1 = \lambda_0 - \lambda_k - \lambda_p, \quad (5.45)$$

bu yerda, λ_0 , λ_p — katarforetik va relaksatsion qarshiliklar. Bu qarshiliklar \sqrt{C} ga proporsional bo'lganligidan:

$$\lambda_1 = \lambda_0 - \alpha\sqrt{C} \quad (5.46)$$

bo'ladi. Bu tenglama Koltraushning tajribada topgan tenglamasiga aynan to'g'ri keladi. α ning qiymati erituvchi tabiati va temperaturasiga bog'liq bo'lib, *Onzager-Debyu-Xyukkel* nazariyasi asosida hisoblab topiladi.

Bu qarshiliklarning haqiqatan ham mavjudligi Vinn (1924 yil) tajribasida tasdiqlandi. Ionlarning tezligi maydonning kuchlanishiga proporsional, kuchlanish vositasi bilan ionlarning harakatini shu qadar tezlatish mumkinki, natijada ular ionlar atmosferasini hosil qilishga ulgura olmaydi. O'z harakati bilan ion atmosferasidan chiqib ketgan markaziy ion atmosferasiz harakat qiladi. Vinn 200000 volt/sm kuchlanish berib ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikni λ_0 qiymatiga qadar oshirishga muvaffaq bo'ldi.

Keyinchalik Onzager bu ishlarni davom ettirib, kuchli elektrolitlar ekvivalent elektr o'tkazuvchanligining konsentratsiyaga bog'liq holda o'zgarishining miqdoriy ifodasini berdi. Bir valentli ionlardan tashkil topgan binar elektrolitlar uchun:

$$\lambda = \lambda_{\infty} - \left[\frac{82 \cdot 10^3}{(\epsilon T)^{1/2}} \lambda_{\infty} + \frac{82,4 \cdot 10^3}{(\epsilon T)^{3/2} \eta} \right] \cdot \sqrt{C} \quad (5.47)$$

Bu tenglamada $\frac{82 \cdot 10^3}{(\epsilon T)^{1/2}} \sqrt{C}$ elektroforetik, $\frac{82,4 \cdot 10^3}{(\epsilon T)^{3/2} \eta} \sqrt{C}$ relaksatsion qarshiliklarni xarakterlaydi, ϵ - dielektrik doimiylik, η - muhitning qovushqoqligi, T - mutlaq temperatura, C - konsentratsiyasi.

Onzagerning bu tenglamasi *Kolratish* tomonidan tajriba orqali topilgan tenglamaga $\lambda = \lambda_{\infty} - a\sqrt{C}$ muvofiq keladi.

Kuchli elektrolitlarda suyultirilgan eritmalarda ionlarning tezligi konsentratsiyaga deyarli bog'liq emas, solishtirganda elektr o'tkazuvchanlik asosan ionlarning soniga bog'liq. Konsentratsiya oshishi bilan ionlarning soni ortadi, demak, elektr o'tkazuvchanlik oshadi. Konsentrlangan eritmalarda esa ion atmosferasi ionlarning harakatini kamaytiradi va natijada elektr o'tkazuvchanlik kamayadi, eritma konsentratsiyasi oshishi bilan ion atmosferasining zaryadi qiymati oshadi va ion harakatini kamaytirish ta'siri kuchayib boradi. Shu sababli, konsentrlangan eritmalarda solishtirganda elektr o'tkazuvchanlik konsentratsiya o'zgarishi bilan maksimumdan o'tadi. Maksimumgacha birinchi omil ikkinchi omildan ustunlik qiladi, maksimumdan so'ng aksincha bo'ladi.

5.4. Konduktometrik titrlash

Elektr o'tkazuvchanlikning asosiy omili ionlar harakatchanligi bo'lgani uchun, elektr o'tkazuvchanlikni indikator sifatida qo'llash mumkin.

Indikator sifatida elektr o'tkazuvchanlik qo'llaniladigan titrlash konduktometrik titrlash deyiladi (konduktor - o'tkazuvchi).

Ma'lumki, ishtirok chiqarish sharoitida ko'pgina xom ashyo, tayyor mahsulotlar, kislotalar yoki ishqorlarni sinab ko'rish kerak bo'ladi. Lekin bunday hollarda ba'zan

kimyoviy titrlash usullaridan foydalanish qiyin, chunki eritma loyqa yoki rangli bo'lganidan oddiy indikatorlar (*fenolftalin, krazmal, metiloranj*) tiniq rangni ko'rsatmaydi. Shunday xollarda konduktometrik titrlashdan foydalanish aniq natija beradi. Bir qancha moddalar aralashmasini ham titrlab, aniq konsentratsiyasini hisoblab topish mumkin. Bu metodning kamchiligi- murakkab asboblar talab etiladi, hisoblashga ko'p vaqt ketadi.

Konduktometrik titrlash quyidagicha amalga oshiriladi:

Bunda *Kolruush sxemasidan* foydalaniladi. Titrlash olib boriladigan Arrenius turlashiga indikator elektrodi tushiriladi. Idish tepasiga byuretka o'rnatiladi. Lozim bo'lsa, idish termostata o'rnatiladi. Titrlash borasida elektr o'tkazuvchanlikning o'zgarishi kuzatib boriladi. Elektr o'tkazuvchanlik bilan titrlash uchun ketgan titrant hajmi orasidagi bog'liqlik grafigi chiziladi va *grafik orqali ekvivalent nuqta topiladi*.

Ayrim ionlarning suvli eritmadagi molyar harakatchanligi (T=298 K)

51 – jadval

Ion	1×10^4 , $\text{Om}^{-1} \text{m}^2/\text{mol}$	Ion	1×10^4 , $\text{Om}^{-1} \text{m}^2/\text{mol}$
H^+	349,8	Ag^+	61,9
Li^+	36,6	Cl^-	76,3
Na^+	50,1	CH_3COO^-	40,9
K^+	73,5	OH^-	198,3

Ionlarning molyar harakatchanligi qiymatlarini tahlil qilib, quyidagi qoidalarni keltirib chiqarish mumkin:

1. *Teng konsentratsiyali kuchli kislota yoki kuchli asosning elektr o'tkazuvchanligi ular tuzi elektr o'tkazuvchanligidan katta.*
2. *Teng konsentratsiyada kuchsiz kislota yoki asosning elektr o'tkazuvchanligi uning tuzi elektr o'tkazuvchanligidan kichik.*

Shuning uchun kislota eritmasini asos eritmasi bilan titrlashda ekvivalent nuqtada elektr o'tkazuvchanlikning keskin o'zgarishi ro'y beradi.

Bu usulning mohiyatini quyida misol orqali tushuntiramiz:

1) Kuchli kislotani kuchli asos bilan konduktometrik titrlash:

25°C da eritmadagi HCl miqdorini aniqlash kerak. Uning kontsentratsiyasi 0,1N bo'lsin. Eritmaning $\lambda_{\kappa} = \ell_{H^+} + \ell_{Cl^-} = 315 + 65,3 = 380,3$ ga teng.



$$V = 10 \text{ ml} \quad C = 0,1 \text{ N}$$

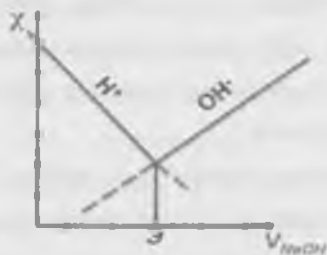
$$C = ? \quad V = ?$$

Titrlashni olib borish uchun Kolraush sxemasi yig'ildi. Idishga kontsentratsiyasi noma'lum bo'lgan HCl eritmasi solinadi. Idish tepasiga byuretka o'rnatilib, 0,1N ishqor eritmasi bilan to'ldiriladi. Ma'lum hajm – 0,5 yoki 1ml dan ishqor qo'shib, elektr o'tkazuvchanlik o'lchanib boriladi.

Xlorid kislotasiga natriy ishqori qo'shilsa, gidroksil ionlari tez harakatlanadigan vodorod ionlari bilan birikadi va dissotsiyanmayadigan suv hosil bo'ladi. Vodorod o'rnida eritmada unga nisbatan kam harakatlanadigan Na^+ qoladi ($\ell_{Na^+} = 43$). Eritma batamom neytrallanadi, unda asosan, Na va Cl ionlari bo'ladi:

$$\bullet \quad \lambda_{\kappa} = 65,3 + 43 = 108,3 \text{ teng}$$

Shu sababli titrlash borasida elektr o'tkazuvchanlik minimumga yetadi. Keyingi qo'shilgan 1 tomchi NaOH ($\ell_{OH^-} = 174$), ya'ni gidroksil ionlarining harakatchanligi tufayli elektr o'tkazuvchanlik yana ortadi. Olingan natijalar asosida grafik chizilsa ($\chi = f(V, NaOH)$), ya'ni abtissa o'qiga titrlashga sarflangan ishqorning ml miqdori, ordinata o'qiga esa eritma elektr o'tkazuvchanligi qo'yilsa, rasmda ko'rsatilgan egri chiziq hosil bo'ladi.



Titrlash davomida hosil bo'lgan egri chiziqning singan joyidan absissa o'qiga perpendikulyar chiziq tushirib, E – ekvivalent nuqta aniqlanadi. Bu nuqtadan titrlash uchun sarflangan ishqor miqdori topiladi va quyidagi formula yordamida eritma konsentratsiyasi hisoblab topiladi:

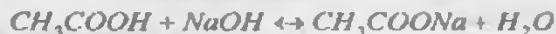
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1(\text{HCl})}; \quad N_1(\text{HCl}) = \frac{N_2 \cdot V_2}{V_1}$$

bu erda - V_1 – berilgan HCl hajmi;

V_2 – titrlash uchun ketgan ishqorning miqdori, grafikdan topiladi;

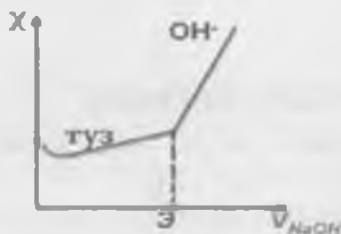
N_2 – ishqor konsentratsiyasi.

1) Kuchsiz kislotani (masalan, sirka kislotasi), kuchli asos (NaOH) bilan titrlash:



$$C = ? \quad C = 0,1\text{M}$$

$$V = 10\text{ml} \quad V = ?$$



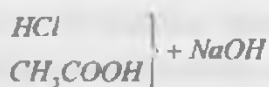
Titrlash davomida yomon dissotsiyalanadigan kislota yaxshi dissotsiyalanadigan uning tuziga almashinadi. Shuni hisobiga elektr o'tkazuvchanlik asta-sekin ortib boradi. Ekvivalent nuqtadan so'ng elektr o'tkazuvchanlik OH^- ionlari hisobiga keskin ortadi.

3. Kuchli va kuchsiz kislota aralashmasini kuchli asos bilan titrlash:

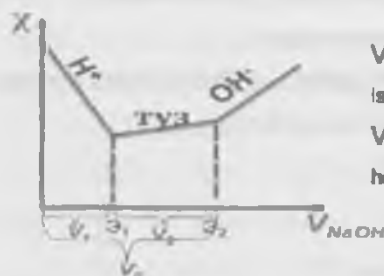


$$C = ? \quad C = ? \quad C = 0,1\text{M}$$

$$V = 5\text{ml} \quad V = 5\text{ml} \quad V = ?$$



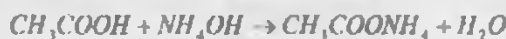
Dastlab kuchli kislota titrlanadi va χ pasayadi, so'ngra kuchsiz kislota titrlanadi. Bunda elektr o'tkazuvchanlik natriy atsetat hisobiga asta-sekin ortib boshlaydi. Ekvivalent nuqtadan keyin elektr o'tkazuvchanlikning ortishi ortiqcha titrant hisobiga kuzatiladi.



V_0 – aralashmani titrlash uchun ketgan ishqomning hajmi;

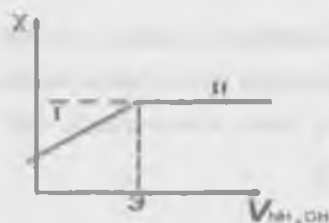
V_1 – HCl ni titrlash uchun ketgan ishqomning hajmi;

4. Kuchsiz kislotani kuchsiz asos bilan titrlash:

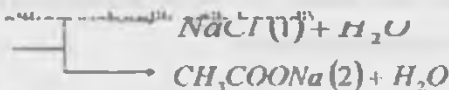


$$C_1 = ? \quad C_2 = 0,1N$$

$$V_1 = 10,4ml \quad V_2 = ?$$

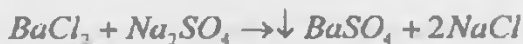


I chiziq – $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (yaxshi dissotsiyalanishi hisobiga elektr



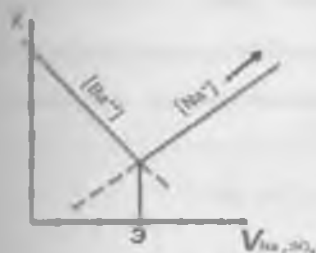
Ekvivalent nuqtadan so'ng elektr o'tkazuvchanlik qariyb o'zgarmaydi. Chunki, hosil bo'lgan tuz – kuchli elektrolit bo'lgani uchun ortiqcha qo'shilgan kuchsiz asos elektr o'tkazuvchanlikka ta'sir ko'rsatmaydi.

8. Tuzni tuz bilan titrlash (yoki cho'ktirish reaksiyasiga asoslangan konduktimetrik titrlash):



$$C_1 = ? \quad C_2 = 0,1 \text{ n}$$

$$V = 10 \text{ ml} \quad V_2 = ?$$



$\ell_{\text{Na}^+} = 43$, $\ell_{\text{Ba}^{2+}} = 55$, $\ell_{\text{Ba}^{2+}} > \ell_{\text{Na}^+}$ bo'lganligi uchun elektr o'tkazuvchanlik avval kamayadi. Ekvivalent nuqtadan so'ng

ELEKTROLIT ERITMALAR TERMODINAMIKASI BO'YICHA AMALIY MISOL VA MASHQLAR

1. 298 K 1/32n sirka kislota eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $0,02870 \text{ Om}^{-1} \text{ m}^{-1}$. Agar H^+ va CH_3COO^- ionlarining harakatchanligi 34,98 va 4,09 $\text{Om}^{-1} \text{ m}^2$ bo'lsa, dissotsiyalanish darajasi va konstantasi topilsin.

Yechish:

1) Dissotsiyalanish darajasini $\alpha = \frac{\lambda_v}{\lambda_c}$ tenglamadan topiladi.

$$\lambda_c = \lambda_x + \lambda_o = 34,98 + 4,09 = 39,07 \text{ Om}^{-1} \text{ m}^2$$

$$\lambda_v = \chi \cdot 1000 \cdot l' = \chi \cdot 1000 \cdot \frac{1}{C} = 0,0287 \cdot 1000 \cdot \frac{1}{32} = 0,9184$$

λ_c va λ_v qiymatlarini tenglamaga qo'yamiz:

$$\alpha = \frac{\lambda_v}{\lambda_c} = \frac{0,9184}{39,07} = 0,0235$$

2) Dissotsiyalanish konstantasi Ostvald tenglamasidan topiladi:

$$K = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{32 \cdot 0,0235^2}{1-0,0235} = 1,768 \cdot 10^{-3}$$

2. 0,02n KCl eritmasining 293 K dagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $2,501 \cdot 10^{-1} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$. Eritmaning qarshiligi 300 Om bo'lsa, idish sig'imini hisoblang.

Yechish: $C_{\text{eritma}} = \chi \cdot R_x = 2,501 \cdot 10^{-1} \cdot 300 = 0,75 \text{ sm}^{-1}$

3. 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.

Yechish: $\lambda_{\infty} = \frac{\chi \cdot 1000}{C} = 1,25 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1000}{0,001} = 125 \text{ Om}^{-1} \text{ g-ekv}^{-1} \text{ sm}^2$

$$\lambda_{\infty} = \lambda_{\infty} + \lambda_{\infty} = 64,6 + 62 = 126,6$$

$$\alpha = \frac{\lambda_{\infty}}{\lambda_{\infty}} = \frac{125}{126,6} = 0,987 \text{ yoki } 98,7 \%$$

4. 291 K da kumush yodidning to'yingan eritmasi uchun solishtirma elektr o'tkazuvchanlik $5,144 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$. Suvning shu haroratdagi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $4,0 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$. Kumush yodidning konsentratsiyasi va eruvchanlik ko'paytmasini (EK) hisoblang.

Yechish: AgJ ning to'yingan eritmasini cheksiz suyultirilgan deb hisoblash mumkin. χ va λ_{∞} ni hisoblab, konsentratsiyani aniqlaymiz:

$$\lambda_{\infty} = \lambda_{\infty} + \lambda_{\infty} = 54,36 + 66,5 = 120,86 \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^2 / \text{g-ekv}$$

$$\chi_{AgJ} = \chi_{\text{eritma}} - \chi_{H_2O} = 5,144 \cdot 10^{-4} - 4,0 \cdot 10^{-4} = 1,144 \cdot 10^{-4} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$$

$$C_{AgJ} = \frac{\chi \cdot 1000}{\lambda_{\infty}} = \frac{1,144 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}{120,86} = 9,53 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$$

$$EK = [Ag^+][J^-] = 9,53 \cdot 10^{-7} \cdot 9,53 \cdot 10^{-7} = 9,08 \cdot 10^{-13}$$

5. Sirka kislotasining $3,6 \cdot 10^{-13} \text{ g-ekv/l}$ konsentratsiyali eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligini hisoblang. Kislotaning dissotsiatsiya konstantasi $1,8 \cdot 10^{-5}$.

Yechish:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-4}}{3,6 \cdot 10^{-5}}} = 0,71$$

$$\lambda_m = 35 + 315 = 350$$

$$\chi_{Cu,COOH} = \frac{\lambda_m \cdot C}{1000} = \frac{350 \cdot 3,6 \cdot 10^{-4}}{1000} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ Om}^{-1} \text{ zM}^{-1}$$

6. Qiyin eriydigan tuzlarning (A moddaning) to'yingan eritmasini solishtirma qarshiligi 298 K da (ρ)ga teng. Shu haroratdagi suvning solishtirma qarshiligi $\rho_{suv} = 1 \cdot 10^4 (\text{Om} \cdot \text{m})$ bo'lsa:

- 1). A moddaning toza suvdagi eruvchanligi aniqlansin;
- 2). A moddaning eruvchanlik ko'paytmasini aniqlang (eritma o'ta suyultirilgan va $\gamma_{\pm} = 1$ ga teng deb qaralsin);
- 3). A moddaning 0,01 mol B modda saqlagan eritmadagi eruvchanligi aniqlansin;
- 4). A moddaning 0,01 mol C modda saqlagan eritmadagi eruvchanligi aniqlansin. Bunda, A, B, C moddalar to'liq dissosiyalangan deb qaralsin.

$\rho_{suv} = 1 \cdot 10^4 (\text{Om} \cdot \text{m})$	Moddalar		
	A	B	C
0,333	AgCl	HCl	Na ₂ SO ₄

Yechish: $\chi = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,333 \cdot 10^4} = 3,003 \cdot 10^{-4}$

$$\lambda_m = \lambda_+ + \lambda_- = 38,6 + 53,5 = 92,1$$

$$\lambda_{\pm} = \frac{\chi \cdot 1000}{C} = \frac{3,003 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}{C} = 92,1$$

$$C = \frac{3,003 \cdot 10^{-4}}{92,1} = 0,00325$$

$$S_{suv} = 1000 - 0,00325$$

$$100 - x$$

$$x = 0,000325.$$

$$\rho_{suv} = 0,000325 \cdot 0,000325 = 1,05 \cdot 10^{-7}$$

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

$$\lg \gamma_s = -0,508 \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot \sqrt{I} = -0,508 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,02} = -0,0718 = \bar{1},9282$$

$$\gamma_s = 8,472 \cdot 10^{-1} = 0,8472.$$

$$n_p = 1,73 \cdot 10^{-10}; \quad [MgCl] = \sqrt{\frac{1,73 \cdot 10^{-10}}{0,8472 \cdot 0,8472}} = 1,55 \cdot 10^3$$

C modda uchun:

$$I = \frac{1}{2} \sum z_i^2 = \frac{1}{2} (0,01 \cdot 2 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1 \cdot 2^2) = 0,03$$

$$\lg \gamma_s = -0,508 \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot \sqrt{I} = -0,508 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \sqrt{0,03} = -0,176 = \bar{1},824$$

$$\gamma_s = 6,668 \cdot 10^{-1} = 0,6668$$

$$n_p = 1,73 \cdot 10^{-10}; \quad [Na_2SO_4] = \sqrt{\frac{1,73 \cdot 10^{-10}}{0,6668 \cdot 0,6668}} = 1,97 \cdot 10^3$$

7. 2 l da 143 g $MgCl_2$ erigan eritma $-3,7^\circ C$ da muzlaydi. Suvning krioskopik konstantasi $K = 1,86$ ga teng. Dissotsilanish darajasi (α) ni aniqlang.

Yechish. Tarkibdan eritmaning molal konsentratsiyasi (m) ni aniqlash mumkin. Eritma konsentratsiyasi va muzlash harorati berilgan. Bu ma'lumotlardan foydalanib bevosita α ni aniqlash mumkin emas. Chunki $\alpha = f(s_g; t_m)$ bog'langan bevosita tenglamayo'q.

α — qanday kattalik bilan bevosita bog'langanligini va bu kattalikni masala shartidan keltirib aniqlash mumkinligini topamiz. α bevosita (5.9) tenglama bo'yicha i bilan bog'langan. Demak, i ma'lum bo'lsa α ni aniqlash mumkin.

i ni esa (5.6) tenglamadan hisoblab topish mumkin.

Buning uchun nazariy muzlash haroratini bilish kerak.

Nazariy muzlash haroratini (5.2) tenglamadan foydalanib aniqlaymiz.

$$\text{Shundayqilib, tartib} \rightarrow m \xrightarrow{\text{teng. (VIII.2)}} t_{\text{muz}} (\text{nazariy}) \xrightarrow{\text{teng. (VIII.6)}} i \xrightarrow{\text{teng. (VIII.9)}} \alpha$$

Shu tartibda masala yechiladi: $M_{MgCl_2} = 24,2 + 35,52 = 95,3$

$$m \left(\frac{143}{95,3} \right) = \frac{2000}{1000} = \frac{143 \cdot 1000}{95,3 \cdot 2000} = 0,75$$

$$\Delta t_{m(naz)} = E_m = \frac{1.86143 \cdot 1000}{95.3 \cdot 2000} 1.39,$$

$$i = \frac{\Delta t_{taj}}{\Delta t_{naz}} = \frac{3.7}{1.39} = 2.65,$$

$$a = \frac{i - 1}{n - 1} = \frac{2.65 - 1}{3 - 1} = 0.825$$

8. 293° C da suvning bug' bosimi $p_{H_2O}^0$ - 17.54 mm sim. ust.ga teng. 2,21 g CaCl₂ ning 100 g suvdagi eritmasi bug' bosimi 17,41 mm sim. ust.ga teng a ni aniqlang.

Yechish. a ning bug' bosimi bilan bevosita bog'langan tenglamasi yo'q. U faqat i bilan, i esa p bilan (VIII.4) tenglama orqali bog'langan. Demak, oldin (4.4) tenglamadan topilgach, (5.6) tenglamadan topilganidan so'ng a aniqlanadi.

$$\frac{p^0 - p}{p^0} = \frac{i n_2}{n_1 + n_2} \quad \text{va bundan} \quad i = \frac{(p^0 - p)(n_1 + n_2)}{p^0 \cdot n_2}$$

$n_1; n_2$ ni aniqlash: $M_{MgCl_2} = 111$; $n_1 = \frac{2.21}{111} = 0.02$; $n_2 = \frac{100}{18} = 5.55$.

$$i = \frac{(p^0 - p)(n_1 + n_2)}{p^0 \cdot n_2} = \frac{(17.54 - 17.41)(5.55 + 0.02)}{17.54 \cdot 0.02} = 2$$

$$a = \frac{i - 1}{n - 1} = \frac{2 - 1}{3 - 1} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$C_{H^+}^0 = \frac{1.2 \cdot 10^{-4}}{2} + \sqrt{1.2 \cdot 10^{-4} \cdot 0.6} = 8.4 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$$

9. 298 K da 0 benzoil kislotaning dissotsilanish $JC_6H_4COOH \rightleftharpoons H^+ + JC_6H_4COO^-$ konstantasi $K_D = 1.4 \cdot 10^{-3}$ ga teng. 0 benzoil kislotaning 0,5 mol/m³ konsratsiyali eritmasining dissotsilanish darajasi (a) qanchaga teng?

Yechish. K_D bilan a — bog'langan tenglama (5.10):

$$K_D = \frac{a^2}{1-a} = C_0. \quad \text{Tenglama } a \text{ ga nisbatan yechilsa:}$$

$$a^2 C_0 + K_D = 0 \quad \text{bundan:}$$

$$a = \frac{K_D \pm \sqrt{K_D^2 + K_D C_0}}{2C_0} = \frac{-1.4 \cdot 10^{-3} + \sqrt{(1.4 \cdot 10^{-3})^2 + 1.4 \cdot 10^{-3}}}{2 \cdot 0.5} =$$

$$= 5.13 \cdot 10^{-3}; \quad (1.4 \cdot 10^{-3})^2 \ll 1.4 \cdot 10^{-3} = 0.5$$

bo'lganligidan $(1.4 \cdot 10^{-3})^2$ hisobga olinmadi.

10. 1/200 H konsratsiyali kislota eritmasining pH qiymatini aniqlang.

Yechish. (5.11) tenglamaga muvofiq:

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

11. Kislotaning pH 6,3 ga teng. Vodorod ionining konsentratsiyasini aniqlang.

Yechish. (5.11) tenglamaga muvofiq:

$$[H^+] = 10^{-pH} ; pH = -\lg[H^+] = -6,3 = 7,7 = 5 \cdot 10^{-7}.$$

12. 0,1 n NH₄OH eritmasining pH = 11,27 ga, suv ionlarining ko'paytmasi K_D = 0,71 · 10⁻¹⁴ ga teng. NH₄OH ning dissotsilanish konstantasi K_D ni aniqlang.

Yechish. (5.10) tenglamaga muvofiq:

Demak, K_D qiymatini aniqlash uchun ning qiymatini, pH va K_b qiymatlarini o'zaro bog'lagan tenglama (5.7) dan foydalaniladi:

$$a = \frac{C}{C_0} ; a = \frac{[OH^-]}{C_0}$$

O'z navbatida, [OH⁻] qiymati pH dan, ya'ni (IT) qiymatidan foydalanib topiladi:

$$pH = -\lg[H^+] ; [H^+] = 10^{-11,27} ; \lg[H^+] = -11,27 \text{ va } [H^+] = 1,86 \cdot 10^{-11} ;$$

$$[OH^-] = \frac{K_b}{[H^+]} = \frac{0,71 \cdot 10^{-14}}{1,86 \cdot 10^{-11}} = 3,82 \cdot 10^{-5}$$

o

va

$$a = \frac{[OH^-]}{C_0} = \frac{3,82 \cdot 10^{-5}}{0,1} = 3,82 \cdot 10^{-4}$$

Demak:

$$K_D = \frac{a^2}{1-a} C_0 = \frac{(3,82 \cdot 10^{-4})^2}{1 - 3,82 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,1 = 1,459 \cdot 10^{-8}$$

(1 - 3,82 · 10⁻⁴ = 1 deb qabul qilindi).

13. 0,1 n sirka kislotasi va 0,1 n natriy asetatdan iborat bufer eritmaning pH qanchaga teng? Sirka kislotaning 25°C dagi dissotsilanish konstantasi K_D = 1,86 · 10⁻⁵.

Yechish. Bufer eritmalarida

$$[H^+] = K_k \frac{[kislota]}{[tuz]} = \frac{1,86 \cdot 10^{-5} + 0,1}{0,1} = 1,86 \cdot 10^{-5} ; pH = 4,73.$$

Agar bu tenglamaga ko'ra kislotaning shu konsentratsiyadagi dissotsilanish darajasi e'tiborga olinsa, aniq javob olinadi. a = 0,79.

Demak:

$$[H^+] = \frac{1.86 \cdot 10^{-5} \cdot 0.1}{0.79} \cdot \frac{0.1}{0.1} = 2.36 \cdot 10^{-5} \text{ va } pH = 4.627$$

Yechish: a) Ani aniqlaymiz, (5.15) tenglamaga muvofiq:

$$K_p = \frac{K_b}{K_a} = \frac{1.2 \cdot 10^{-14}}{1 \cdot 10^{-9}} = 1.2 \cdot 10^{-11},$$

b) β ni aniqlaymiz. (5.15) va (5.16) tenglamaga muvofiq:

$$K_p = \frac{\beta^2}{1-\beta} C_0 \gg \beta \text{ e'tiborga olinsa, } (1-\beta) \approx 1 \text{ bo'ladi.}$$

Demak:

$$K_p = \beta^2 C_0; \quad \beta = \sqrt{\frac{K_p}{C}} = \sqrt{\frac{1.2 \cdot 10^{-11}}{1 \cdot 10^{-3}}} = 1.2 \cdot 10^{-4},$$

d) muhit reaksiyasi pII ni aniqlaymiz. Buning uchun avval gidroksil ioni konsentratsiyasi va so'ngra vodorod ioni konsentratsiyasini va nihoyat pH ni aniqlaymiz:

$$[OH^-] = \beta C_0 = 1.26 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3} = 1.26 \cdot 10^{-7}$$

$$[H^+] = \frac{K_b}{[OH^-]} = \frac{1.2 \cdot 10^{-14}}{1.2 \cdot 10^{-7}} = 1 \cdot 10^{-7}$$

va pII = 7.

14. $AgBO_3$ ning to'yingan eritmasida $t = 0.0081$ mol tuz bor. Bu eritmaga 0.0085 mol $AgNO_3$ qo'shilgan. $AgBO_3$ ning $AgNO_3$ qo'shilgandan keyingi eruvchanligini aniqlang.

$\alpha_{AgBO_3} = 1$ va $\alpha_{AgNO_3} = 1$ ga teng.

Yechish. (5.13)ga muvofiq:

$$L_{AgBO_3} = [Ag^+] \cdot [BO_3^-] = n^2 = (0.0081)^2 = 6.55 \cdot 10^{-5}$$

$AgBO_3$ ning $AgNO_3$ qo'shilgandagi eruvchanligi $C_1 = [BO_3^-]$;

$[Ag^+]$ konsentratsiyasi:

$$[Ag^+] \begin{cases} AgBO_3 \text{ dan hosil bo'lganda } C_1 \\ AgNO_3 \text{ dan hosil bo'lganda } C_2 \end{cases} = C_1 + C_2.$$

$$\text{Demak: } L_{AgBO_3} = (C_1 + C_2)C_1 = (0.0085 + C_1)C_1 = 6.55 \cdot 10^{-5},$$

bundan: $C_1 = 0,0049 \text{ mol/l} = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$.

15. 25°C da AgCl ning eruvchanligi $C_1 = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$. Shu haroratda AgBr ning eruvchanligi $C_2 = 7 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$. Eritmada $[\text{Ag}^+]$, $[\text{Cl}^-]$, $[\text{Br}^-]$ konsentratsiyasini aniqlang.

Yechish.

$$L_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = (1,5 \cdot 10^{-5})^2 = 2,25 \cdot 10^{-10}$$

$$L_{\text{AgBr}} = [\text{Ag}^+][\text{Br}^-] = (7 \cdot 10^{-7})^2 = 4,9 \cdot 10^{-13}$$

Eritmada kationlar konsentratsiyasi anionlar konsentratsiyasiga teng bo'lishi kerak:

$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{Br}^-] \text{ yoki } [\text{Br}^-] = [\text{Ag}^+] - [\text{Cl}^-]$$

Br^- ning miqdori AgBr ga qo'yilsa:

$$L_{\text{AgBr}} = [\text{Ag}^+][\text{Br}^-] = [\text{Ag}^+][\text{Ag}^+] - [\text{Cl}^-].$$

ikkinchi tomondan:

$$L_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 2,25 \cdot 10^{-10} \text{ ga teng va } [\text{Cl}^-] = \frac{2,25 \cdot 10^{-10}}{[\text{Ag}^+]}$$

Cl^- ionining bu qiymati yuqoridagi AgBr tenglamaga qo'yilsa:

$$\begin{aligned} L_{\text{AgBr}} = [\text{Ag}^+][\text{Br}^-] &= \{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]\} = [\text{Ag}^+]\{[\text{Ag}^+]\} - \frac{2,25 \cdot 10^{-10}}{[\text{Ag}^+]} \\ &= 4,9 \cdot 10^{-13} \end{aligned}$$

Bundan:

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{L_{\text{AgCl}} + L_{\text{AgBr}}} = \sqrt{2,25 \cdot 10^{-10} + 4,9 \cdot 10^{-13}} = 1,502 \cdot 10^{-5}$$

va

$[\text{Br}^-]L_{\text{AgBr}} = 4,9 \cdot 10^{-13}$ bo'lganligidan:

$$[\text{Br}^-] = \frac{4,9 \cdot 10^{-13}}{1,502 \cdot 10^{-5}} = 3,21 \cdot 10^{-8}$$

16. $0,01 \text{ N KCl}$ eritmasining solishtirma qarshiligi $\rho = 709,22 \Omega^{-1} \cdot \text{sm}$. Solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikni aniqlang.

Yechish. (5.15) tenglamaga muvofiq:

$$\lambda_c = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{709.22} = 1.41 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^{-1} = 0.141 \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$$

λ_c ni (5.17) tenglamadan foydalanib topiladi:

$$\lambda_c = \frac{\lambda_c}{c} = \frac{0.141}{0.01} \cdot 10^2 \Omega^{-1} \cdot \text{kg} - \text{ekv} \cdot \text{m}^2$$

konstantasi bilan bog'langan tenglama Ostvaldning suyultirish qonuniga tegishli. Berilgan ma'lumotlardan foydalanib (VIII. 28) tenglama bilan λ_e va λ_c ni aniqlash kerak:

$$K_D = \frac{\lambda_e^2 C_0}{\lambda_\infty (\lambda_\infty - \lambda_e)}$$

bu tenglama λ_e ga nisbatan yechilsa:

$$\lambda_e = \frac{-\lambda_\infty \pm \sqrt{\lambda_\infty^2 - 4\lambda_\infty^2 K_D C_0}}{2C_0} \sim \frac{\lambda_\infty}{C_0} (-1 \pm \sqrt{1 + K_D C})$$

λ_e noldan kichik bo'lishi mumkin emasligidan:

$$\begin{aligned} \lambda_e &= \frac{\lambda_\infty}{2C_0} (\sqrt{1 + 4K_D C} - 1) = \frac{42.8}{2} \sqrt{1 + 4 \cdot 7.9 \cdot 10^{-10} \cdot 0.2} - 1 \cong \\ &\cong 6.8 \cdot 10^{-9} \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}. \end{aligned}$$

17. 291 K da 0,1 n sirka kislota (CH_3COOH) ning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $\lambda_c = 4.7 \cdot 10^{-4}$ ga, 0,001 n natriy asetat CH_3COONa niki esa $\lambda_c = 7,81 \cdot 10^{-5} \Omega^{-1}$ ga teng. Vodород ionining harakatchanligi $\lambda_{H^+} = 348,82$ ga, natriy ioniniki 50,11 ga teng. 291 K da sirka kislota ning dissotsilanish konstantasi qanchaga teng?

Yechish. (5.10) tenglamaga muvofiq:

$$K_D = \frac{a^2}{1-a} C_0.$$

Demak, masalani yechish uchun a ni topish kerak. O'z navbatida, $a = \frac{\lambda_e}{\lambda_\infty}$

teng. λ_c dan λ_∞ ya'ni $\lambda_e = \lambda_\infty$ tenglamadan, λ_e ni esa Kolraush qonunidan, $\lambda_\infty = \lambda_+ + \lambda_-$ dan foydalanib aniqlash kerak bo'ladi. Lekin $\lambda_\infty = \lambda_{+,H^+} + \lambda_{-,CH_3COOH}$ bo'lganligidan avval λ_{-,CH_3COOH} ni aniqlab olish kerak. Shu amallarni oxiridan boshlab bajarish kerak:

$$\lambda_{e,CH_3COOH} = \frac{\lambda_c \cdot 1000}{c} = \frac{4.7 \cdot 10^{-4}}{0.1} = 4.7 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^{-2} = 4.7 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

λ_{-,CH_3COOH} ni aniqlaymiz. CH_3COOH eritmasi juda suyultirilganligidan amaliy

$$\lambda_\infty = \lambda_e.$$

$$\lambda_{\infty,CH_3COOH} = \lambda_{+,Na} + \lambda_{-,CH_3COO}$$

$$\lambda_{-,CH_3COOH} = \frac{\lambda_{e,CH_3COOH} \cdot \lambda_{+,Na}}{\lambda_{+,Na}} = 33.7 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

va

$$\lambda_{\infty,CH_3COOH} = \lambda_{+,Na} + \lambda_{-,CH_3COO} = 349.82 + 33.7 = 383.2$$

Demak:

$$a = \frac{\lambda_e}{\lambda_\infty} = \frac{4.71}{383.2} = 0.0212;$$

$$K_D = \frac{a^2 C_0}{1-a} = \frac{(0.0212)^2 \cdot 0.1}{1-0.0212} = 4.9 \cdot 10^{-4}.$$

18. 298 K da $AgBr$ ning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi

$\lambda_y = 1.576 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^2$ ga teng. Suvning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $\lambda_{c,H_2O} = 1.519 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^2$ ga teng. Quyidagi tuzlarning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $\lambda_{e,KBr} = 137.8$; $\lambda_{e,KNO_3} = 131.3$; $\lambda_{e,AgNO_3} = 127.1$. Hamma tuzlar to'liq dissosilangan, $a = 1 \cdot Ag^+$ ionning eruvchanligi va $AgBr$ eruvchanlik ko'paytmasini aniqlang.

Yechish. $a = 1$ bo'lganligidan $\lambda_e = \lambda_\infty$ va (5.18) tenglama Kolraush qonuniga muvofiq:

$$a) \lambda_{\infty,AgNO_3} = \lambda_{+,Ag^+} + \lambda_{-,NO_3^-}$$

$$b) \lambda_{\infty, KNO_3} = \lambda_{+, K^+} + \lambda_{-, NO_3^-}$$

$$d) \lambda_{\infty, KBr} = \lambda_{+, K^+} + \lambda_{-, Br^-}$$

11 va 12 tenglamani yig'indisidan «d» tenglama olinsa:

$$\lambda_{\infty, AgBr} = \lambda_{\infty, AgNO_3} + \lambda_{\infty, KBr} - \lambda_{\infty, KNO_3} = 127.1 + 137.8 - 131.3 \\ = 133.6 \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^2$$

13) Mischi tomondan eruvchanlik C :

$$\lambda_c = \lambda_{\infty} = \frac{\lambda_c}{\lambda_c} \text{ va } C = \frac{\lambda_c}{\lambda_c} = 4.49 \cdot 10^{-7} \text{ g} - \text{ekv/l}$$

va

$$L_{AgBr} = [Ag^+][Br^-] = (4.49 \cdot 10^{-7})^2 = 2.03 \cdot 10^{-13}$$

19. 0,1784% NaCl eritmasi elektroliz qdingandan so'ng anod uchastkada 226,69 g eritmada 0,04679 g Cl_2 borligi, katod uchastkada 331,4 g eritmada 0,05302 g Cl_2 borligi aniqlangan. Ionlarning tashish soni (n_{Na^+} , n_{Cl^-})ni aniqlang.

Yechish. (5.20) tenglamadan foydalanib, anod va katod uchastkalarida konsentratsiyaning o'zgarishini aniqlash kerak.

1) Elektrolizdan so'ng:

$$\text{anodda } 226,69 - 0,04679 = 226,64 \text{ g suv bor,}$$

$$\text{katodda } 331,4 - 0,0530 = 331,34 \text{ g suv bor.}$$

2) Elektrolizdan oldin eritmada 100 — 0,1784 = 99,82 g suv boledi, anodda esa:

$$Cl_2 \left\{ \begin{array}{l} 99,82 - 0,1784 \\ 226,64 - x \end{array} \right. = \frac{226,64 \cdot 0,1784}{99,82} = 0,405 \text{ g } Cl_2$$

katodda:

$$Cl_2 \left\{ \begin{array}{l} 99,82 - 0,1784 \\ 331,4 - x \end{array} \right. = \frac{331,4 \cdot 0,1784}{99,82} = 0,592 \text{ g } Cl_2$$

$$\Delta p_k = 0,592 - 0,05302 = 0,5389$$

$$\Delta p_a = 0,405 - 0,04679 = 0,3582$$

$$\Delta p_k = \Delta p_a = 0.8971$$

va

$$n_{Cl^-} = \frac{0.5389}{0.8971} = 0.601$$

$$n_{Na^+} = 1 - n_{Cl^-} = 0.399.$$

20. Natriy asetat CH_3COONa eritmasida $\lambda_{\infty} = 82 \Omega^{-1} \cdot sm^2$, kaliy asetat CH_3COOK eritmasiniki $\lambda_{\infty} = 140.8 \Omega^{-1} \cdot sm^2$ ga teng, $n_{CH_3COO^-} = 0.4$, $n_K = 0.50$ ga teng. Kaliy asetat eritmasining cheksiz suyultiril-gan eritmadagi o'tkazuvchanligi λ_{∞} ni aniqlang.

Yechish. (5.18) tenglamaga muvofiq:

$n_{CH_3COOK} = \lambda_{+K} + \lambda_{-CH_3COO^-}$ harakatchanlik λ_+ , λ_- va tashish son n_+ , n_- larining o'zaro bog'langan tenglamasidan foydalaniladi:

$$\lambda_+ = n_+ \lambda_m \quad ; \quad \lambda_- = n_- \lambda_m$$

$$\lambda_{+K} = 0.50 \cdot 140.8 = 70.4 \Omega^{-1} \cdot sm^2$$

$$\lambda_{-CH_3COO^-} = 0.4 \cdot 82 = 32.8 \Omega^{-1} \cdot sm^2$$

$$\lambda_{\infty, CH_3COOK} = 32.8 + 70.4 = 103.2 \Omega^{-1} \cdot sm^2$$

MUSTAQIL RAVISHDA YECHISHGA DOIR MASALALAR

1. 0,01n KCl eritmasini 291 K da qarshiligi 408 Om ga teng, uning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $0,1225 \text{ Om}^{-1}\text{m}^{-1}$. Shu haroratda 0,01n KNO_3 eritmasining qarshiligi 423 Om. Agar K^+ va NO_3^- ionlarining harakatchanligi mos ravishda 6,45 va $6,16 \text{ Om}^{-1} \text{ m}^2$ bo'lsa, KNO_3 eritmasining solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi hamda elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti topilsin.

2. NH_4OH eritmasining qanday konsentratsiyasida dissotsiyalanish darajasi 2% bo'ladi? Bunda gidroksil ionlarining konsentratsiyasi qanday? NH_4OH ning elektrolitik dissotsiyalanish konstantasi $1,79 \cdot 10^{-5}$.

3. 291 K da 5% li $Mg(NO_3)_2$ eritmasining solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $4,38 \cdot 10^{-2} \text{ Om}^{-1} \text{ sm}^{-1}$, zichligi $1,038 \text{ g/sm}^3$ ga teng. Eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi hamda dissotsiyalanish darajasi topilsin.

4. 20°C da solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $0,25 \text{ Om}^{-1}\text{m}^{-1}$ bo'lgan $0,02n$ KCl eritmasi bilan to'ldirilgan elektr o'tkazuvchanlikni o'lchaydigan idish $82,4 \text{ Om}$ qarshilikni ko'rsatdi. $0,005n$ K_2SO_4 eritmasi bilan to'ldirilgan esa 326 Om ga teng. Idish doimiysi va K_2SO_4 eritmasining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini hisoblang.

5. KClO_4 eritmasining 291 K 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.

6. 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 298 K da solishtirma va cheksiz suyultirishdagi elektr o'tkazuvchanliklarini hisoblang.

7. 291 K da $C=0,8718 \text{ kmol/m}^3$ konsentratsiyadagi qandning suvdagi eritmasining osmotik bosimi P_q , $C_2=0,5 \text{ kmol/m}^3$ konsentratsiyadagi NaCl ning suvdagi eritmasi osmotik bosimi P_{NaCl} ga teng. NaCl ning dissotsilanish darajasi a ni aniqlang.

8. CaCl₂ ning 7,5% suvdagi eritmasi 1 atm da $T_k=347 \text{ K}$ da qaynaydi. Suvning bug' bosimi 347 K da 347 mm ga teng. Izotonik koeffitsiyent « i » ni aniqlang.

9. C molar konsentratsiyali glitserinning osmotik bosimi va NaNO_3 ning $C_2=8,49 \text{ g/100g H}_2\text{O}$ eritmasining osmotik bosimi P_1 ga teng. NaNO_3 eritmasida $a=0,640$ ga teng. Glitserinning konsentratsiyasini aniqlang.

10. $11,74 \text{ g}$ NaCl ning 200 g suvdagi eritmasida $a=0,70$ ga teng. Eritmaning muzlash harorati va uning pasayishi $\Delta T'_m$ ni aniqlang.

11. $0,1 \text{ mol}$ tuzning 100 g suvdagi eritmasi $t_m=0,054^{\circ}\text{C}$ da muzlaydi. $a=0,72$. U tuz dissotsilanganda qancha ion (n) hosil bo'ladi?

12. MgCl_2 tuzi eritmasining tajribada topilgan muzlash harorati $t_m=3,7^{\circ}\text{C}$, dissotsilanish darajasi $a=0,825$. Suvning krioskopik doimiysi $1,86$. Eritmalar tarkibini aniqlang. 300 g suvda nechta gramm MgCl_2 tuzi erigan?

13. 298 K da 0 yodbenzoy kislotaning dissotsilanish konstantasi $K_d = 1,4 \cdot 10^{-4}$ ga teng. 0,5 g · ion/m³ eritmada dissotsilanish darajasi α nimaga teng?

14. Bromid etilaminning $C_2H_5NH_3Br$ 0,05 kmol/m³ eritmasida (ya'ni $\lg K_D$) $pK_a = 3,662$. Izotonik koeffitsiyent « i » ni aniqlang.

15. Aluminiy xloridning suvdagi 0,05% li eritmasida I ga teng. Uni ideal eritma deb qabul qilib, eritma ustida suv bug'ining nisbiy kamayishi $\frac{p^0 - p}{p^0}$ ni aniqlang.

16. 298 K da ammoniy gidroksid NH_4OH ning 0,1 m eritmasida $K_{II} = 1,77 \cdot 10^{-5}$ ga teng. H^+ , OH^- ionlarining konsentratsiyasini aniqlang.

17. Eritmalarning $pH = 4,70$ va $pH = 12,5$ ga teng. Eritmalardagi (H^+) va (OH^-) miqdori qanchaga teng? $K_b = 1,2 \cdot 10^{-4}$.

18. 0,1 n NH_4OH eritmasining $pH = 11,27$ ga teng. Suv ionlarining ko'paytmasi $K_b = 0,71 \cdot 10^{-14}$. NH_4OH ning dissotsilanish konstantasini aniqlang.

19. $\frac{1}{400}$ n HCl kislotaning, $\frac{1}{300}$ n HCl kislotaning pH inianiqlang.

20. $\frac{1}{200}$ n NaOH eritmasining pH ini aniqlang. Suv ionlarining ko'paytmasi $K_w = 1,2 \cdot 10^{-14}$.

21. 298 K da ammoniy gidroksid NH_4OH ning dissotsilanish konstantasi $K_d = 1,77 \cdot 10^{-5}$ ga teng. 0,1 mol eritmasining $[H^+]$, $[OH^-]$ va pH ini aniqlang. Suv ionlari ko'paytmasi $K_b = 1,008 \cdot 10^{-14}$ ga teng.

22. $AgBO_3$ ning to'yingan eritmasida $m = 0,0081$ mol tuz bor. Bu eritmaga $m = 0,0085$ mol $AgNO_3$ qo'shilgan. $L_{AgNO_3} = L_{AgBO_3} = 1$ teng. $AgBO_3$ ning shu eritmadagi eruvchanligini aniqlang.

23. 298 K da $CuCl$ ning suvda va 0,025 m $MgSO_4$ eritmasidagi eruvchanligini aniqlang. $CuCl$ ning eruvchanlik ko'paytmasi $L = 3,2 \cdot 10^{-7}$ ga teng.

24. 25° C da $AgBr$ ning 0,001 molar KBr eritmasidagi eruvchanlik ko'paytmasini aniqlang.

25. Yuzasi 5 sm² bo'lgan va bir-biridan 2 sm masofada joylashgan ikki elektrodl orasi 0,05 n KNO_3 eritmasi bilan to'ldirilgan. 0,05 n KNO_3 ning ekvivalent elektr

o'tkazuvchanligi $\lambda_e = 109 \text{ sm}^2 \Omega^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{ekv}^{-1}$ ga teng. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni aniqlang.

26. Yuzasi 4 sm^2 bo'lgan va $0,7 \text{ sm}$ masofada joylashgan 2 elektrod orasidagi hajmi

$0,1 \text{ mol}$ CuSO_4 bilan to'ldirilgan. Eritma qavatining qarshiligi 23Ω . Solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikni aniqlang.

27. Yuzasi 2 sm^2 va 5 sm oraliqda joylashgan 2 elektrod orasidagi hajmga 1 mol AgNO_3 eritmasi to'ldirilgan. $\lambda_e = 94,3 \text{ sm}^2/\text{g} \cdot \text{ekv}^{-1}$. Solishtirma elektr o'tkazuvchanlikini aniqlang.

28. Sirka kislotaning dissotsilanish konstantasi $K_D = 1,76 \cdot 10^{-4}$ ga teng, $\lambda_{\infty} = 190,7$ ga teng. $0,1 \text{ n}$ sirka kislota eritmasining ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi va vodorod ionlarining konsentratsiyasini aniqlang.

29. 25° C da kaliy nitrat eritmasini cheksiz suyultirilgandagi elektr o'tkazuvchanlik $103,97 \text{ sm}^2/\text{g} \cdot \text{ekv}^{-1}$. Kaliy ionining harakatchanligi $73,58 \text{ sm}^2/\text{g} \cdot \text{ekv}^{-1}$. Nitrat ionining harakatchanligini va cheksiz suyultirilgan eritmada tashish sonini aniqlang.

30. KCl eritmasining $\lambda_{\infty} = 130,1 \text{ sm}^2/\text{g} \cdot \text{ekv}^{-1}$ ga teng. Cl^- ionining tashish soni $0,5$ ga teng. K^+ va Cl^- ionlarining harakatchanligini aniqlang.

31. Yog' kislotasi $\text{C}_7\text{H}_7\text{COOH}$ ning dissotsilanish konstantasi $K_d = 1,54 \cdot 10^{-5}$. Kislota $2048 \text{ l/g} \cdot \text{ekv}$ gacha suyultirilgan. Vodorod ion konsentratsiyasini va ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikni aniqlang.

32. Yacheyka hajmi solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $5,8 \cdot 10^{-3}$ bo'lgan KCl eritmasi bilan to'ldirilganda elektr qarshilik $103,0 \Omega$ bo'lgan. Shu yacheykani $0,01 \text{ n}$ sirka kislota bilan to'ldirilganda 5770 fi bo'lgan. $0,01 \text{ n}$ sirka kislotaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligini aniqlang.

33. Suyultirilgan SrCl_2 eritmasida Sr^{2+} va Cl^- ionlarining mutlaq tezliklari $5,2 \cdot 10^4$ va $6,8 \cdot 10^4 \text{ m/sek}$. Eritmaning ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi, ionlarning harakatchanligini va ionlarning tashish sonini aniqlang.

34. KCeO_4 ning cheksiz suyultirilgan eritmasida $\lambda_{\infty} = 122,8 \text{ } \Omega^{-1} \text{ sm}^2/\text{g-ekv}$ $^{\ominus}$ ClO_4 ning tashish soni 0,481. K^+ va ClO_4 ionlarining harakatchanligini aniqlang.

35. Cu va Pt elektrodli idishda 41,59 eritmada 1 g CuSO_4 tutgan eritma elektroliz qilingan. Elektrolizdan so'ng katod maydonida 54,706 g, eritmada 0,5118 g CuO bo'lgan. Tashish sonlari n_+ , n_- ni aniqlang.

36. Cd va Pt elektrodli idishda 0,201% CdCl_2 eritmasi elektroliz qilingan. Elektrolizdan so'ng anod maydonida 53,59 g eritmada 0,0802 g Cl_2 , katod maydonida 54,12 g eritmada 0,0966 g Cl_2 bo'lgan. Ionlarning tashish sonini aniqlang.

37. Monoxlor sirka kislotaning CH_2ClCOOH dissotsilanish konstantasi 298 K da $1,55 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l.V} = 32 \text{ l/mol}$ suyultirishda ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi $77,2 \text{ } \Omega^{-1} \text{ sm}^2/\text{g-ekv}^{-1}$ ga teng. Monoxlor sirka kislotaning cheksiz suyultirilganidagi elektr o'tkazuvchanligi λ_{∞} ni aniqlang.

38. 298 K da $1,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ sirka kislotaning $\lambda_e = 109,78 \text{ } \Omega^{-1} \text{ sm}^2/\text{g-ekv}^{-1}$ ga teng. Ionlarning harakatchanligi $\lambda_{+,H^+} = 349,80 \text{ } \Omega^{-1} \text{ sm}^2/\text{g-ekv}^{-1}$ va $\lambda_{-,CH_2COO^-} = 40,9 \text{ } \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^2$ ga teng. Eritmaning pII ini va dissotsilanish konstantasini aniqlang.

KO'P VARIANTLI MASALALAR

1. Qiyin eriydigan tuzlarning (A moddaning) to'yingan eritmasini solishtirishda qarshiligi 298 K da (ρ)ga teng. Shu haroratdagi suvning solishtirishda qarshiligi $\rho_{H_2O} = 1 \cdot 10^4 (\text{Om}^{-1}\text{m})$ bo'lsa:

- 1). A moddaning toza suvdagi eruvchanligini aniqlang;
- 2). A moddaning eruvchanlik ko'paytmasini aniqlang (eritma o'ta suyultirilgan va $\gamma_{\pm} = 1$ ga teng deb qaralsin);
- 3). A moddaning 0,01 mol B modda saqlagan eritmadagi eruvchanligi aniqlansin;
- 4). A moddaning 0,01 mol C modda saqlagan eritmadagi eruvchanligi aniqlansin. Bunda, A, B, C moddalar to'liq dissosiyalangan deb qaralsin.

Konsentrasi $\rho_{\text{HCl}} = 1 \cdot 10^4 (\text{Om} \cdot \text{m})$	Moddalar		
	A	B	C
0,0141	SrC ₂ O ₄	H ₂ C ₂ O ₄	Na ₂ SO ₄
0,333	AgCl	HCl	Na ₂ SO ₄
0,0550	AgI ₂	HIO ₃	Na ₂ SO ₄
0,330	BaSO ₄	Na ₂ SO ₄	KBr
0,0038	TiBr ₃	KBr	Na ₂ SO ₄
0,0248	PbSO ₄	Li ₂ SO ₄	KBr

2.4 moddani: a) solishtirma va ekvivalent elektr o'tkazuvchanliklarini quyultrish bilan o'zgarishini ifoda qilgan grafikni chizing va b) ekvivalent elektr o'tkazuvchanlikning eritma konsentratsiyasi bilan o'zgarishidan foydalanib λ_{∞} qiymatini aniqlang.

Ish varianti	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A modda	HCN	HNO ₂	HClO	HCOOH	CH ₃ COOH	(CH ₃) ₂ AsOOH	C ₆ H ₅ OH	C ₆ H ₅ COOH	NH ₄ OH

3. 298 K da Amodda eritmasining solishtirma qarshiligi konsentratsiya bilan o'zgarishini aniqlang.

C mol/l	A modda uchun $r \cdot \Omega \cdot \text{sm}$								
	HCN	HNO ₂	HClO	HCOOH	CH ₃ COOH	CN ₂ AsOH	C ₆ H ₅ OH	C ₆ H ₅ COOH	NH ₄ OH
0,1	3,10x10 ³	4,32	927	6,05	19,6	131	7,46x10 ³	9,75	2,53
0,05	4,37x10 ³	5,7	1390	8,91	27,6	180	1080x10 ³	14,1	10,3
0,03	5,84x10 ³	7,5	1810	10,3	34,8	235	14,50x10 ³	18,5	14,5
0,01	10,1x10 ³	13,4	3120	18,2	61,0	402	23,5x10 ³	31,4	25,8
0,005	14,3x10 ³	20,4	4360	25,9	87,0	582	41,50x10 ³	48,8	100
0,003	18,3x10 ³	20,8	5560	35,8	103	706	52,7x10 ³	57,9	143
0,001	31,9x10 ³	52,7	10000	68,5	185	1310	74,60x10 ³	113,0	251

4. 298 K da quyidagi moddalar uchun λ_{∞} dan foydalanib molar elektr o'tkazuvchanlik (λ_M) qiymatini aniqlang.

Modda	$\lambda_{\infty} \cdot 10^2 \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{ekv}^{-1}$	Modda	$\lambda_{\infty} \cdot 10^2 \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{ekv}^{-1}$
AgCNS	1,283	La ₂ (SO ₄) ₃	1,50
Ag ₂ SO ₄	1,419	MgBr ₂	1,31
BaCl ₂	1,40	Mg(BrO ₃) ₂	1,08
CaCl ₂	1,30	MgCl ₂	1,29
LaCl ₃	1,40	Mg(CNS) ₂	1,19
La(CNS) ₃	1,36	MgF ₂	1,08
La(JO ₃) ₃	1,10	MgJ ₂	1,30
MgSO ₄	1,33	SrCl ₂	1,36
PbCl ₂	1,46	TiNO ₃	1,51
PbC ₂ O ₄	1,43	Ti ₂ SO ₄	1,55
Pb(CNS) ₂	1,36		
PbSO ₄	1,10		

5. Quyidagi jadvalda 298 K da yomon eruvchi A modda uchun solishtirma qarshiligi p berilgan. Shu haroratda suvning solishtirma qarshiligi $p_{H_2O} = 1 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \text{sm}$. Quyidagi kattaliklarning qiymatini aniqlang: 1) A moddaning toza suvdagi eruvchanligi; 2) A moddaning eruvchanlik ko'paytmasi (eritma kuchli suyultirilganligidan $\gamma \pm 1$); 3) 0,01 mol P modda tutgan eritmada A moddaning eruvchanligi; 4) 0,01 mol C modda tutgan eritmada A moddaning eruvchanligi; A, B, C moddalar to'la dissotsilangan.

Variantlar	$r \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \text{sm}$	Moddalar		
		A	B	C
1	0,0141	SrCrO ₄	H ₂ C ₂ H ₄	Na ₂ SO ₄
2	0,333	AgCl	HCl	Na ₂ SO ₄
3	0,055	AgJO ₃	HJO ₃	Na ₂ SO ₄
4	0,380	BaSO ₄	Na ₂ SO ₄	KBr
5	0,0038	TiBr	KBr	Na ₂ SO ₄
6	0,0248	PbSO ₄	LiSO ₄	KBr

6. Molal konsentratsiya (m) va o'rtacha ion aktivlik koeffitsiyentidan (γ^{\pm}) foydalanib, A moddaning o'rtacha ion konsentratsiyasi C_{\pm} , o'rtacha ion aktivlik a_{\pm} , o'rtacha molal aktivlik a ni aniqlang.

Variant-lar	A modda	m , mol/100	γ^{\pm}	Variant-lar	A modda	m , mol/100	γ^{\pm}
1	$CaCl_2$	1	0,500	14	$Th(NO_3)_4$	4,5	0,722
2	$Ca(NO_3)_2$	2	0,347	15	$Cd(ClO_4)_2$	5,5	0,413
3	MgJ_2	3	7,81	16	$K_3Fe(CN)_6$	1	0,128
4	$MgBr_2$	4	12	17	ZnJ_2	2	1,012
5	$Sr(ClO_4)_2$	5	10,00	18	$Cr_2(SO_4)_3$	0,3	0,0238
6	CaJ_2	6	1,99	19	$Th(NO_3)_4$	0,4	0,192
7	$LiCl$	7	4,37	20	$Ba(ClO_4)_2$	5	2,3
8	$HClO_4$	8	11,83	21	$Al_2(SO_4)_3$	0,6	0,044
9	$LiBr$	9	12,92	22	$K_4Fe(CN)_6$	0,7	0,051
10	$NaOH$	10	3,46	23	Na_2HPO_4	0,8	0,217
11	$AlCl_3$	0,5	0,331	24	KHA_2O_4	0,9	0,301
12	$LaCl_3$	1,5	0,515	25	H_2SO_4	10	0,559
13	SnJ_2	3,5	1,504				

7. Quyida ionlarning harakatchanligi qiymati keltirilgan ma'lumotlardan foydalanib A moddaning $6 \cdot 10^{-3}$ mol/l eritmasining: 1) dissotsilanish darajasini; 2) H ionining konsentratsiyasini va 3) pH ni aniqlang. A ning qiymatini Ostvalding auyultirish qonunidan foydalanib aniqlash mumkin.

Variant	1	2	3	4	5	6
Amoddalar	izo- C_6H_7COOH	$H-C_7H_7$ $COOH$	$HCOOH$	C_2H_5COOH	CH_3COOH	NH_4OH

Ionlarning harakatchanligi $\lambda_+, \lambda_-, \Omega^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$\begin{array}{ll}
 H^+ - 349.8 & C_2H_5O_2^- - 35.8 \\
 HCOO^- - 54 & C_3H_7O_2^- - 34.2 \\
 CH_3COO^- - 40.9 & NH_4^+ - 73.7 \\
 OH^- - 197.6 &
 \end{array}$$

**ELEKTROLIT ERITMALAR BO'YICHA MASALALAR YECHISHIGA
DOIR FIZIK-KIMYOVIY KATTAHLIKLAR MA'LUMOTNOMASI**

1. Vakuumba haydah olingan o'tis toza suvning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi

Solishtirma elektr o'tkazuvchanlikni (λ_0) $\text{om}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ larda hisoblash uchun, jadvaldagi qiymatni 10^2 ga ko'paytirish lozim.

Masalan. 10°C da $\lambda_0 = 2,85 \cdot 10^6 \text{ om}^{-1}\cdot\text{sm}^{-1}$ yoki $2,85 \cdot 10^4 \text{ om}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$.

Havoda haydalgan suvning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi $\chi = (1 \div 2) \times 10^{-4} \text{ om}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ yoki $(1 \div 2) \times 10^{-4} \text{ om}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ va harorat har 1°C ga ko'tarilganda solishtirma elektr o'tkazuvchanlik 2-2,5% ga ortadi (xona haroratiga yaqin).

5.2-jadval

$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda_0 \cdot 10^6, \text{om}^{-1}\cdot\text{sm}^{-1}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda_0 \cdot 10^6, \text{om}^{-1}\cdot\text{sm}^{-1}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\lambda_0 \cdot 10^6, \text{om}^{-1}\cdot\text{sm}^{-1}$
10	2,85	25	(6,33)	34	9,62
18	4,41	26	6,70	35	(10,02)
20	(4,85)	30	(8,15)	50	18,9

2. Suyultirilgan suvli elektrolit eritmalarining 25°C temperaturadagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi

$$\lambda_c = \lambda^0 (1 - a\sqrt{c} + bc)$$

λ_c – konsentratsiya C mol/l bo'lgandagi ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik, λ^0 , a va b ko'effitsiyentlar konsentratsiyaning 0,001-0,1 moli sohalarida o'rinalidir.

Jadvalda ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik $\text{om}^{-1}\cdot\text{g}\cdot\text{ekv}^{-1}\cdot\text{sm}^2$ da berilgan.

5.3-jadval

Elektrolit	λ^0	a	b	Elektrolit	λ^0	a	b
AgNO_3	133,3	0,68	0,35	KBr	151,7	0,62	0,62
$\frac{1}{2} \text{Ag}_2\text{SO}_4$	142	1,30	-3,5	KCOOCH_3	115,4	0,75	1,3
$\frac{1}{3} \text{AlBr}_3$	139	1,64	2,2	KCl	149,8	0,63	0,64
$\frac{1}{3} \text{AlCl}_3$	137,6	1,65	2,0	$\frac{1}{3}$	167,8	1,56	1,8
$\frac{1}{2} \text{Ba}(\text{COOCH}_3)_2$	104,2	1,59	1,7	$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$	169	2,48	3,6
$\frac{1}{2} \text{BaCl}_2$	139,5	1,28	1,74	$\frac{1}{2} \text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	169	2,48	3,6
$\frac{1}{2} \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	132	1,34	1,2	KJ	150,8	0,63	0,62
$\frac{1}{2} \text{CaCl}_2$	135,6	1,3	1,8	KNO_3	144,5	0,64	0,36
$\frac{1}{2} \text{CdCl}_2$	104	1,65	0,9	KOH	271	0,45	0,4
				LiCl	115	0,75	0,78

$\frac{1}{2}$ CdSO ₄	105	2,89	3,7	LiI	117,7	0,74	0,8
$\frac{1}{2}$ CoCl ₂	124,5	1,37	1,2	LiNO ₃	111	0,77	0,45
$\frac{1}{2}$ Co(NO ₃) ₂	122,4	1,39	2,0	LiOH	236,5	0,48	0,5
CsCl	154,6	0,62	-0,7	$\frac{1}{2}$ MgBr ₂	129	1,34	2,2
CsOH	271	0,45	0,5	$\frac{1}{2}$ MnCl ₂	126	1,36	1,6
$\frac{1}{2}$ CuCl ₂	131	1,33	1,5	NH ₄ Cl	150,5	0,63	0,49
$\frac{1}{2}$ CuSO ₄	113	2,79	3,3	NH ₄ SCN	140,8	0,65	0,5
$\frac{1}{2}$ FeCl ₂	137	1,34	1,05	NaBr	126,0	0,70	0,5
HBr	42,94	0,37	0,35	$\frac{1}{2}$ Na ₂ CO ₃	124,1	1,47	1,6
HSCN	404	0,38	0,37	NaCOOCH ₃	91,1	0,89	0,34
HCl	426,0	0,37	0,38	NaCl	126,5	0,70	0,74
HClO ₄	417	0,36	0,4	NaClO ₃	115	0,75	0,6
HJ	428	0,37	0,42	NaClO ₄	110	0,77	0,6
HJO ₃	391,2	0,38	-4,7	NaF	106	0,79	0,6
HNO ₃	420	0,37	0,36	NaJ	127,0	0,70	0,80
NaHCO ₃	96,0	0,85	0,6	$\frac{1}{2}$ Sr(NO ₃) ₂	131,8	1,34	1,5
NaOH	246,5	0,47	0,3	TiCl	150,3	0,63	-1,3
NaSCN	110,5	0,77	0,75	TiClO ₃	137,6	0,65	0,45
$\frac{1}{2}$ Na ₂ SO ₄	129,0	1,39	1,50	TiOH	276,1	0,45	0,45
$\frac{1}{2}$ NiCl ₂	123,3	1,37	1,7	$\frac{1}{3}$ YCl ₃	136	1,67	3,5
$\frac{1}{2}$ NiSO ₄	100	2,7	1,6	$\frac{1}{2}$ ZnBr ₂	159	1,23	0,7
$\frac{1}{2}$ PbCl ₂	145,0	1,26	-7	$\frac{1}{2}$ ZnCOOCH ₃	88	1,77	1,2
RbBr	148	0,63	0,2	$\frac{1}{2}$ ZnCl ₂	130	1,48	2,3
RbCl	153	0,62	0,7	$\frac{1}{2}$ ZnSO ₄	105	2,90	4,2
RbOH	272	0,45	0,5	(CH ₃) ₄ NJ	118,6	0,73	0,35
$\frac{1}{3}$ SmCl ₃	139,8	1,64	3,0	(C ₂ H ₅) ₄ NJ	108	0,78	-
$\frac{1}{2}$ SrCl ₂	136,0	1,30	1,74	(C ₁ H ₇) ₄ NJ	100	0,83	-

3. 25 °C temperaturadagi elektrolitlarning suvli eritmalaridagi kationlarni tashish soni

5.4-jadval

Elektrolitlar nomi	Konsentratsiya, μ-ekv/l					
	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0
AgNO ₃	-	0,468	0,466	0,465	0,465	0,464
CaCl ₂	0,395	0,406	0,414	0,422	0,426	0,438
HCl	0,834	0,831	0,829	0,827	0,825	0,821
KBr	0,484	0,483	0,483	0,483	0,483	0,485
KCOOCH ₃	-	0,661	0,657	0,652	0,650	0,643
KCl	0,489	0,490	0,490	0,490	0,490	0,491
KJ	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,489

KNO ₃	0,512	0,510	0,509	0,509	0,508	0,507
K ₂ SO ₄	0,491	0,489	0,487	0,485	0,483	0,479
LaCl ₃	0,423	0,438	0,448	0,458	0,462	0,477
LiCl	0,311	0,317	0,321	0,326	0,329	0,336
NiCl ₂	0,491	0,491	0,490	0,491	0,491	0,491
NaCl	0,382	0,385	0,388	0,390	0,392	0,396
NaCOOCH ₃	0,561	0,559	0,557	0,555	0,554	0,551
Na ₂ SO ₄	0,383	0,383	0,383	0,384	0,385	0,386

4. 25 °C temperaturadagi (cheksiz suyultirishdagi) ionlarning to'yingan

ekvivalent elektr o'tkazuvchanligi va elektr o'tkazuvchanlikni

temperatura koeffitsienti

$$\lambda_{0,25} = \lambda_{0,25} [1 + \alpha(t - 25)]$$

$$\alpha = \frac{1}{\lambda_{0,25}} \left(\frac{d\lambda}{dt} \right)$$

Ekvivalent elektr o'tkazuvchanlik $\lambda_{0,25}$ jadvalda $\text{om}^{-1}\text{g-ekv}^{-1}\text{sm}^2$ da ifodalangan. $\text{Om}^{-1}\text{g-ekv}^{-1}\text{m}^2$ hisoblash uchun jadvaldagi raqamlarni 10^{-4} ko'paytirish kerak.

5.5-jadval

Kation	$\lambda_{0,25}$	α	Kation	$\lambda_{0,25}$	α
Ag ⁺	61,9	0,0194	1/2Mg ²⁺	53,0	0,0218
1/3Al ³⁺	63	0,021	1/2Mn ²⁺	53,5	0,025
1/2Ba ²⁺	63,6	0,020	NH ⁴⁺	73,5	0,0187
1/2Bc ²⁺	45	—	Na ⁺	50,1	0,0208
1/2Ca ²⁺	59,5	0,021	1/3Nd ³⁺	69,4	—
1/2Cd ²⁺	54	0,020	1/2Ni ²⁺	54	—
1/3Ce ³⁺	69,6	—	1/2Ph ²⁺	70	0,0178
1/2Co ²⁺	49	—	1/3Pr ³⁺	69,5	—
1/3Cr ³⁺	67	—	1/2Ra ²⁺	66,8	0,0188
Cs ⁺	77,2	0,019	Rb ⁺	77,8	0,0207
1/2Cu ²⁺	55	0,024	1/3Sm ³⁺	68,5	—
1/2Fe ²⁺	53,5	0,024	1/2Sr ²⁺	59,4	0,0212
1/3Fe ³⁺	68	—	Tl ⁺	74,7	0,0176
H ⁺	349,8	0,0142	1/2Zn ²⁺	54	0,0185
1/2Hg ²⁺	63,6	—	(CH ₃) ₄ N ⁺	44,9	0,0156
1/2Hg ₂ ²⁺	68,6	—	(C ₂ H ₅) ₄ N ⁺	32,6	0,0193
K ⁺	73,5	0,0187	(C ₃ H ₇) ₄ N ⁺	23,4	0,0152
1/3La ³⁺	69,6	0,015	(C ₄ H ₉) ₄ N ⁺	19,4	—
Li ⁺	38,6	0,0214	(C ₆ H ₁₁) ₄ N ⁺	17,4	—

Anion	λ_0	α	Anion	λ_0	α
Br ⁻	78,14	0,0185	NO ₂ ⁻	71,4	0,0248
MnO ₄ ⁻	55,4	—	NO ₃ ⁻	71,4	0,0184
Cl ⁻	76,35	0,0194	OH ⁻	198,3	0,0196
ClO ₃ ⁻	64,6	0,0212	1/2S ₂ ⁻	53,5	—
ClO ₄ ⁻	67,3	0,020	SCN ⁻	66	—
1/2CO ₃ ²⁻	69,3	0,0192	1/2SO ₃ ²⁻	72	—
1/2CrO ₄ ²⁻	83	0,021	1/2SO ₄ ²⁻	80	0,0206
I ⁻	55,4	0,021	1/2S ₂ O ₄ ²⁻	66,5	—
1/4Fe(CN) ₆ ³⁻	99,1	—	1/2WO ₄ ²⁻	69,4	0,020
1/4Fe(CN) ₆ ⁴⁻	111	—	HCOO ⁻	54,6	—
HCO ₃ ⁻	44,5	—	CH ₃ COO ⁻	40,9	0,0206
H ₂ PO ₄ ⁻	36	—	CH ₂ ClCOO ⁻	39,8	—
HSO ₄ ⁻	52	—	CH ₂ CNCOO ⁻	41,8	—
I ⁻	76,85	0,0192	C ₂ H ₃ COO ⁻	35,8	—
IO ₃ ⁻	40,8	0,024	HOCCOO ⁻	40,2	—
IO ₄ ⁻	54,5	0,0144	(CH ₃) ₂ CHCOO ⁻	34,2	—
MnO ₄ ⁻	61,3	0,0224	C ₆ H ₅ COO ⁻	32,3	—

5. Har xil temperaturada cheksiz suyultirilgan suvli eritmalar ionlarining ekvivalent elektr o'tkazuvchanliklari

5.6-jadval

Ion	λ_{∞} (OM ⁻¹ ·Г-ЭКВ ⁻¹ ·CM ²) temperaturadagisi, °C							
	0	5	15	18	25	45	55	100
Ag ⁺	33,1	—	—	53,5	61,9	—	—	175
Ba ²⁺	34,0	—	—	54,6	63,6	—	—	195
Br ⁻	42,6	49,2	63,1	68,0	78,1	110,6	127,8	—
Ca ²⁺	31,2	—	46,9	50,7	59,5	88,2	—	180
Cl ⁻	41,0	47,5	61,4	66,0	76,35	108,9	126,4	212
ClO ₄ ⁻	36,9	—	—	58,8	67,3	—	—	185
Cs ⁺	44	50,0	63,1	67	77,2	107,5	123,6	—
F ⁻	—	—	—	47,3	55,4	—	—	—
H ⁺	225	250	300,6	315	349,8	441,4	483,1	630
J ⁻	41,4	48,5	62,1	66,5	76,8	108,6	125,4	—
K ⁺	40,7	46,7	59,6	63,9	73,5	103,4	119,2	195
Li ⁺	19,4	22,7	30,2	32,8	38,6	58,0	68,7	115
Mg ²⁺	28,9	—	—	44,9	53,0	—	—	165
Na ⁺	26,5	30,3	39,7	42,8	50,1	73,7	86,8	145
NH ₄ ⁺	40,2	—	—	63,9	73,5	—	—	180
N(CH ₃) ₃ ⁺	24,1	—	—	40,0	44,9	—	—	—
N(C ₂ H ₅) ₂ ⁺	16,4	—	—	28,2	32,6	—	—	—
N(C ₂ H ₅) ₄ ⁺	11,5	—	—	20,9	23,4	—	—	—

$N(C_4H_9)_4^+$	9,6	—	—	—	19,4	—	—	—
$N(C_5H_{11})_4^+$	8,8	—	—	—	17,4	—	—	—
NO_3^-	40,0	—	—	62,3	71,46	—	—	195
OH^-	105	—	—	171	198,3	—	—	450
Rh^+	43,9	50,1	63,4	66,5	77,8	108,5	124,2	—
SO_4^{2-}	41	—	—	68,4	80,0	—	—	260
Sr^{2+}	31	—	—	50,6	59,4	—	—	—
CH_3COO^-	20,1	—	—	35	40,9	—	—	—

6. 25°C temperaturada kuchsiz kislota va asosdan iborat eritmalarini elektr o'tkazuvchanligi

5.7-jadval

Kislota	λ_{κ} ($cm^{-1} g^{-1} cm^{-2}$) suyultirishdagi, $l \cdot mol^{-1}$					
	32	64	128	256	512	1024
Dixlorsirka kislotalasi $CHCl_2COOH$	269,8	309,9	338,4	359,2	375,4	383,8
Izomoy kislotalasi- C_3H_7COOH	8,0	11,4	15,9	22,2	30,8	42,6
n-Moy kislotalasi - C_4H_7COOH	8,2	11,6	16,3	22,7	31,5	43,3
Chumoli kislotalasi $HCOOH$	31,2	43,2	59,2	80,6	108,8	143
Propion kislotalasi C_2H_3COOH	7,8	11,1	15,5	21,7	30,1	41,3
Uchlorsirka kislotalasi CCl_3COOH	344,3	354,8	363,5	371,4	377,0	379,5
Karbonat kislotalasi H_2CO_3	(1,32)	(1,9)	—	—	—	—
Sirka kislotalasi CH_3COOH	9,2	12,9	18,1	25,4	34,3	49,0
Fosfor kislotalasi H_3PO_4	156	195	240	279	317	341
Xlorsirka kislotalasi $CH_2ClCOOH$	77,2	103,2	136,1	174,8	219,4	265,7
Oksalat kislota $(COOH)_2$	285	319	345	369	388	408

Asos	λ_{κ} ($cm^{-1} g^{-1} cm^{-2}$) suyultirishdagi, $l \cdot mol^{-1}$					
	8	16	32	64	128	256
Gidrazin $N_2H_4 \cdot H_2O$	1,4	1,7	2,1	2,7	3,8	5,5
Ammoniy gidrooksid NH_4OH	3,4	4,8	6,7	9,5	13,5	18,2
Dimetilamin $(CH_3)_2NH$	17,2	24,0	33,2	45,3	61,2	80,7
Dietilamin $(C_2H_5)_2NH$	20,4	28,8	39,7	53,8	71,8	92,7

Metilamin CH_3NH_2	15,1	21,0	28,9	39,3	53,0	70,0
Piperidin $\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}$	23,0	32,3	44,2	59,2	77,8	99,7
n-Propilamin $n\text{-C}_3\text{H}_7\text{NH}_2$	13,2	18,7	25,6	35,4	47,8	63,8
Trimetilamin $(\text{CH}_3)_3\text{N}$	—	—	—	15,4	21,4	29,4
Etilamin $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	14,8	21,0	28,9	39,2	52,9	70,2

7. Kuchsiz kislota va asoslardan iborat suvli eritmalarini
25°C temperaturada dissotsiatsionlash konstantasi

5.8-jadval

Kislota	K_a	pK
Adipin $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$	(I) $3,71 \cdot 10^{-5}$	4,430
	(II) $5,28 \cdot 10^{-6}$	5,277
Akrlil $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$	$5,52 \cdot 10^{-5}$	4,257
Asparagin $\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_4\text{N}$	(I) $1,29 \cdot 10^{-2}$	1,990
	(II) $1,29 \cdot 10^{-4}$	3,900
Benzoil $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	$6,14 \cdot 10^{-5}$	4,212
Borat H_3BO_3	(I) $5,83 \cdot 10^{-10}$	9,234
	(II) $1,8 \cdot 10^{-13}$	12,745
	(III) $1,6 \cdot 10^{-14}$	13,80
m-Brombenzoil $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{Br}$	$1,54 \cdot 10^{-4}$	3,812
o-Brombenzoil $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{Br}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	2,854
p-Brombenzoil $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{Br}$	$1,07 \cdot 10^{-4}$	3,971
Valerian $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$	$1,44 \cdot 10^{-5}$	4,842
Germaniy H_2GeO_3	(I) $1,68 \cdot 10^{-11}$	8,775
Gidroxinon $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$	(I) $4,5 \cdot 10^{-11}$	10,347
Glikol $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	$1,48 \cdot 10^{-4}$	3,831
	(I) $4,47 \cdot 10^{-3}$	2,350
Glisin $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$	(II) $1,66 \cdot 10^{-10}$	9,780
	(I) $4,54 \cdot 10^{-3}$	4,343
Glutar $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$	(II) $5,35 \cdot 10^{-6}$	4,894
	$2,32 \cdot 10^{-2}$	1,634
Dixlorosirka $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2\text{Cl}_2$	$1,42 \cdot 10^{-5}$	4,848
Izomoy $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	$1,28 \cdot 10^{-3}$	4,894
Kapril $\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	$1,32 \cdot 10^{-4}$	3,879
Sis-nonen $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2$	$3,65 \cdot 10^{-5}$	4,438
Trans-nonen $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2$	(I) $7,45 \cdot 10^{-4}$	3,128
	(II) $1,73 \cdot 10^{-5}$	4,761
	(III) $4,02 \cdot 10^{-7}$	6,396
Limon $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$	(I) $1,2 \cdot 10^{-9}$	1,921
	(II) $5,96 \cdot 10^{-7}$	6,225

Malon $C_3H_4O_4$	(I) $1,40 \cdot 10^{-3}$	2,855
	(II) $2,01 \cdot 10^{-6}$	5,896
	$1,51 \cdot 10^{-3}$	4,320
m-moy $C_4H_8O_2$	$3,88 \cdot 10^{-4}$	3,411
Bodom $C_8H_8O_3$	$1,38 \cdot 10^{-4}$	3,860
Sut $C_7H_6O_3$	$1,772 \cdot 10^{-4}$	3,752
Chumoli CH_2O_2	$3,21 \cdot 10^{-4}$	3,493
m-Nitrobenzoy $C_7H_5O_4N$	$6,71 \cdot 10^{-3}$	2,173
o- Nitrobenzoy $C_7H_5O_4N$	$3,76 \cdot 10^{-4}$	3,425
n- Nitrobenzoy $C_7H_5O_4N$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	2,26
Nitrosirka $C_7H_7O_4N$	$8,28 \cdot 10^{-3}$	4,082
m-Oksibenzoy $C_7H_6O_3$	$1,01 \cdot 10^{-3}$	2,996
o- Oksibenzoy $C_7H_6O_3$	$2,95 \cdot 10^{-3}$	4,530
p- Oksibenzoy $C_7H_6O_3$	(I) $3,1 \cdot 10^{-4}$	4,509
Pimelin $C_7H_{12}O_4$	(II) $4,88 \cdot 10^{-4}$	5,312
	$1,34 \cdot 10^{-3}$	4,874
Propion $C_3H_6O_2$	(I) $1,1 \cdot 10^{-2}$	6,96
Vodorod sulfid H_2S	(II) $1 \cdot 10^{-14}$	14
	0,2	0,7
Uchxlorsirka $C_7HO_2Cl_3$	(I) $4,45 \cdot 10^{-7}$	6,352
Karbonat H_2CO_3	(II) $4,69 \cdot 10^{-11}$	10,329
	$1,754 \cdot 10^{-5}$	4,756
Sirka $C_2H_4O_2$	$4,87 \cdot 10^{-3}$	4,312
Fenilsirka $C_6H_4O_2$	$1,01 \cdot 10^{-10}$	9,998
Fenol C_6H_6O	(I) $7,11 \cdot 10^{-3}$	2,148
Fosfor H_3PO_4	(II) $6,34 \cdot 10^{-8}$	7,198
	(III) $1,26 \cdot 10^{-12}$	11,90
	(I) $1,12 \cdot 10^{-1}$	2,950
Ftal $C_8H_6O_4$	(II) $3,91 \cdot 10^{-6}$	5,408
	$1,36 \cdot 10^{-4}$	3,865
m-Ftorbenzoy $C_7H_5O_2F$	$5,41 \cdot 10^{-4}$	3,267
o- Ftorbenzoy $C_7H_5O_2F$	$7,23 \cdot 10^{-5}$	4,141
p- Ftorbenzoy $C_7H_5O_2F$	$2,61 \cdot 10^{-1}$	2,584
Ftorsirka $C_7H_5O_2F$	(I) $9,57 \cdot 10^{-4}$	3,019
Fumar $C_4H_4O_4$	(II) $4,13 \cdot 10^{-5}$	4,384
	$1,50 \cdot 10^{-4}$	3,824
m-Xlorbenzoy $C_7H_5O_2Cl$	$1,14 \cdot 10^{-1}$	2,943
o- Xlorbenzoy $C_7H_5O_2Cl$	$1,03 \cdot 10^{-4}$	3,986
p- Xlorbenzoy $C_7H_5O_2Cl$	$1,36 \cdot 10^{-3}$	2,865
Xlorsirka $C_2H_3O_2Cl$	(I) $5,36 \cdot 10^{-2}$	1,271
Oksalat $C_2H_2O_4$	(II) $5,42 \cdot 10^{-4}$	4,266
	(I) $6,21 \cdot 10^{-5}$	4,207
Qahraho $C_4H_6O_4$		

	(II) $2,30 \cdot 10^{-6}$	5,638
Asi	K_D	pK
Anilin C_6H_7N	$3,97 \cdot 10^{-10}$	9,401
n-Butilamin $C_4H_{11}N$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	3,400
Gidrazin $N_2H_4 \cdot H_2O$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	5,77
Ammoniy gidroksid H_4OH	$1,77 \cdot 10^{-5}$	4,752
Dimetilamin C_2H_7N	$6,0 \cdot 10^{-4}$	3,223
Diutilamin $C_4H_{11}N$	$8,6 \cdot 10^{-4}$	3,064
Metilamin CH_5N	$4,24 \cdot 10^{-4}$	3,373
Piperidin $C_5H_{11}N$	$1,34 \cdot 10^{-3}$	2,874
Piridin C_5H_5N	$1,71 \cdot 10^{-9}$	8,766
n-propilamin C_3H_9N	$3,42 \cdot 10^{-4}$	3,467
Uchmetilamin C_3H_9N	$6,34 \cdot 10^{-5}$	4,197
Etanolamin C_2H_7O	$3,17 \cdot 10^{-5}$	4,499
Etilamin C_2H_7N	$4,3 \cdot 10^{-4}$	3,366

8. Standart eritmalarining pH miqdori

5.9-jadval

Eritmalar tarkibi	°C temperaturadagi, pH						
	10	20	25	30	40	50	60
0,05 M kaliy tetrablat	1,669	1,676	1,681	1,685	1,697	1,712	1,726
25°C temperaturadagi kaliy gidro vino tuzing to'yingan eritmasi	—	—	3,555	3,547	3,543	3,549	3,565
0,01 M kaliy gidro-ao tuzi	3,671	3,647	3,637	3,633	3,630	3,640	3,654
0,05 M kaliy gidrobl tuzi	4,001	4,001	4,005	4,011	4,030	4,059	4,097
0,01 M natriy tetrabat	9,328	9,223	9,177	9,135	9,066	9,012	8,961
0,01 M natriyfosfit	—	—	11,72	—	—	—	—

9. Turli temperaturadagi suvning ion ko'paytmasi $K_w = a_{H^+} \cdot a_{OH^-}$

5.10-jadval

$t, ^\circ C$	$K_w \cdot 10^{14}$	$t, ^\circ C$	$K_w \cdot 10^{14}$	$t, ^\circ C$	$K_w \cdot 10^{14}$	$t, ^\circ C$	$K_w \cdot 10^{14}$
0	0,1139	20	0,6809	25	1,008	50	5,474
5	0,1846	21	0,742	30	1,469	55	7,297
10	0,2920	22	0,802	35	2,089	60	9,614
15	0,4503	23	0,868	40	2,919	100	59,0
18	0,5702	24	0,948	45	4,018		

10. 25°C temperaturadagi moddalarni eruvchanlik ko'paytmasi

5.11-jad

Qattiq faza	$L, (g-ion/l)^*$	Qattiq faza	$L, (g-ion/l)^*$
AgBr	$5 \cdot 10^{-13}$	CuJ	$1,1 \cdot 10^{-13}$
AgCN	$1,6 \cdot 10^{-14}$	Fe(OH) ₂	$1,4 \cdot 10^{-15}$
AgCl	$1,73 \cdot 10^{-10}$	Hg ₂ Br ₂	$4 \cdot 10^{-21}$
AgJ	$8,1 \cdot 10^{-17}$	Hg ₂ Cl ₂	$1 \cdot 10^{-18}$
AgBrO ₃	$6 \cdot 10^{-5}$	Hg ₂ J ₂	$4 \cdot 10^{-29}$
AgJO ₃	$3,0 \cdot 10^{-8}$	Hg ₂ SO ₄	$6,2 \cdot 10^{-7}$
Ag ₂ CrO ₄	$4,4 \cdot 10^{-12}$	Ni(OH) ₂	$1,3 \cdot 10^{-15}$
Ag ₂ SO ₄	$1,23 \cdot 10^{-3}$	PbBr ₂	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Al(OH) ₃	$4 \cdot 10^{-33}$	PbCl ₂	$1,5 \cdot 10^{-8}$
Ag ₂ S	$2,5 \cdot 10^{-25}$	PbJ ₂	$8 \cdot 10^{-9}$
BaSO ₃	$9,5 \cdot 10^{-10}$	Pb(OH) ₂	$5 \cdot 10^{-16}$
BaSO ₄	$1,5 \cdot 10^{-9}$	PbSO ₄	$1,6 \cdot 10^{-8}$
CaHPO ₄	$2 \cdot 10^{-6}$	TlBr	$3,6 \cdot 10^{-6}$
Ca(OH) ₂	$6 \cdot 10^{-6}$	TlCl	$1,8 \cdot 10^{-4}$
CaSO ₄	$2,4 \cdot 10^{-5}$	TlJ	$8,9 \cdot 10^{-4}$
Cd(OH) ₂	$1,66 \cdot 10^{-14}$	Zn(OH) ₂	$4,3 \cdot 10^{-17}$
Co(OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-16}$	ZnS	$1,3 \cdot 10^{-23}$
CuCl	$3,2 \cdot 10^{-7}$		

11. 25 °C temperaturadagi kuchli elektrolitlarning aktivlik koeffitsientlari γ_{\pm}

5.12-jadval

Elektro- litlar	Konsentratsiya, mol/l 1000 g suvda												
	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0	
AgNO ₃	—	—	0,92	0,89	0,86	0,79	0,734	0,657	0,536	0,429	0,316	0,252	
AlCl ₃	—	—	—	—	—	0,45	0,337	0,305	0,331	0,539	—	—	
Al(ClO ₄) ₃	0,78	0,72	0,62	0,53	0,45	0,35	0,30	0,27	0,26	—	—	—	
Al ₂ (SO ₄) ₃	—	—	—	—	—	—	0,035	0,023	0,014	0,018	—	—	
BaCl ₂	0,881	0,840	0,774	0,716	0,651	0,564	0,500	0,444	0,397	0,395	—	—	
Ba(OH) ₂	—	0,853	0,773	0,712	0,627	0,526	0,443	0,370	—	—	—	—	
CuCl ₂	0,889	0,852	0,789	0,731	0,668	0,583	0,518	0,472	0,448	0,500	0,792	—	
Ca(NO ₃) ₂	0,88	0,84	0,77	0,71	0,64	0,545	0,485	0,426	0,363	0,336	0,345	0,380	
CdCl ₂	0,819	0,743	0,623	0,524	0,456	0,304	0,228	0,164	0,101	0,0669	0,0441	0,0352	
CdI ₂	—	—	0,490	0,379	0,281	0,167	0,106	0,0685	0,0376	0,0251	0,0180	—	
CdSO ₄	0,726	0,639	0,505	0,399	0,307	0,206	0,150	0,102	0,061	0,041	0,032	0,033	
CoCl ₂	—	—	—	—	—	—	0,522	0,479	0,462	0,531	0,860	1,458	
Co(NO ₂) ₂	—	—	—	—	—	—	0,518	0,471	0,445	0,460	0,726	1,182	
Cr ₂ (SO ₄) ₃	—	—	—	—	—	—	0,030	0,020	0,010	0,008	—	—	
CsCl	—	—	0,92	0,90	0,86	0,809	0,756	0,694	0,606	0,544	0,495	0,479	
CsI	—	—	—	—	—	—	0,754	0,692	0,599	0,533	0,470	0,434	
CuCl	0,888	0,849	0,783	0,723	0,659	0,577	0,508	0,455	0,411	0,417	0,466	0,520	
CuSO ₄	0,74	—	0,573	0,438	0,317	0,217	0,154	0,104	0,062	0,043	—	—	
FeCl ₃	0,89	0,86	0,80	0,75	0,70	0,62	0,52	0,47	0,45	0,51	0,79	—	
HBr	0,966	—	0,930	0,906	0,879	0,838	0,805	0,782	0,789	0,871	1,183	1,693	
HCl	0,965	0,952	0,928	0,904	0,875	0,830	0,796	0,767	0,757	0,809	1,009	1,316	
HClO ₄	—	—	—	—	—	—	0,803	0,778	0,769	0,823	1,055	1,438	

HF	0,544	-	0,300	0,224	-	0,106	0,077	0,031	-	0,024	-	-
HNO ₃	0,965	0,951	0,927	0,902	0,871	0,823	0,791	0,754	0,720	0,724	0,793	0,909
H ₂ SO ₄	0,830	0,757	0,639	0,544	0,453	0,340	0,265	0,209	0,156	0,132	0,128	0,142
KBr	0,965	0,952	0,927	0,903	0,872	0,822	0,772	0,722	0,657	0,617	0,593	0,595
KCl	0,965	0,952	0,927	0,902	0,869	0,816	0,770	0,718	0,619	0,604	0,573	0,569
KClO ₃	0,967	0,955	0,932	0,907	0,875	0,813	0,749	0,681	0,568	-	-	-
KClO ₄	0,965	0,951	0,924	0,895	0,857	-	-	-	-	-	-	-
KF	-	-	-	-	-	-	0,775	0,727	0,670	0,645	0,658	0,705
K ₃ Fe(CN) ₆	-	-	-	-	-	-	0,268	0,212	0,155	0,128	-	-
K ₄ Fe(CN) ₆	-	-	-	-	-	0,19	0,139	0,100	0,062	-	-	-
KJ	0,952	-	0,928	0,903	0,872	0,820	0,778	0,733	0,676	0,645	0,637	0,652
KNO ₃	0,965	0,951	0,926	0,898	0,862	0,799	0,739	0,663	0,545	0,443	0,333	0,269
KOH	-	-	-	-	-	0,824	0,798	0,760	0,732	0,756	0,888	1,081
LaBr ₃	0,790	0,729	0,639	0,562	0,490	0,402	-	-	-	-	-	-
LaCl ₃	0,790	0,729	0,636	0,560	0,483	0,388	0,314	0,274	0,266	0,342	0,825	-
LiCl	0,963	0,948	0,921	0,895	0,865	0,819	0,790	0,757	0,739	0,774	0,921	1,156
LiClO ₄	-	-	-	-	-	-	0,812	0,794	0,808	0,887	1,158	1,582
MgCl ₂	-	-	-	-	-	-	0,529	0,489	0,481	0,570	1,053	2,32
Mg(ClO ₄) ₂	-	-	-	-	-	-	0,590	0,578	0,647	0,946	2,65	9,19
MgSO ₄	-	-	-	-	-	-	0,150	0,108	0,068	0,049	0,042	0,049
NH ₄ Cl	-	-	0,924	0,896	0,862	0,808	0,770	0,718	0,649	0,603	0,570	0,561
NH ₄ NO ₃	-	-	0,925	0,897	0,860	0,799	0,740	0,677	0,582	0,504	0,419	0,368
NaBr	0,97	0,96	0,94	0,91	0,89	0,85	0,782	0,741	0,697	0,687	0,731	0,812
NaCl	0,965	0,952	0,928	0,903	0,872	0,822	0,778	0,735	0,681	0,657	0,744	0,814
NaClO ₃	0,965	0,953	0,928	0,904	0,873	0,822	0,775	0,720	0,645	0,589	0,538	0,515
NaClO ₄	-	-	-	-	-	-	0,775	0,729	0,668	0,629	0,609	0,611
NaF	-	-	-	-	-	-	0,765	0,710	0,632	0,573	-	-

324

NaH ₂ PO ₄	-	-	-	-	-	-	0,744	0,675	0,563	0,468	0,371	0,508
NaI	-	-	-	-	-	-	0,87	0,751	0,723	0,736	0,820	0,963
NaNO ₃	0,966	0,953	0,929	0,905	0,873	0,821	0,762	0,703	0,617	0,548	0,478	0,437
NaOH	-	-	-	0,905	0,871	0,818	0,766	0,727	0,690	0,678	0,709	0,784
Na ₂ SO ₄	0,887	0,847	0,778	0,714	0,642	0,536	0,445	0,365	0,266	0,201	0,152	0,137
Na ₂ S ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	0,457	0,382	0,292	0,234	0,198	0,199
NiSO ₄	-	-	-	-	-	-	0,150	0,105	0,063	0,042	0,034	-
Pb(NO ₃) ₂	0,88	0,84	0,76	0,69	0,60	0,46	0,37	0,27	0,17	0,11	-	-
SnCl ₂	0,809	0,716	0,624	0,512	0,398	0,283	0,233	-	-	-	-	-
TiCl ₄	0,962	0,946	-	0,876	-	-	-	-	-	-	-	-
TiClO ₄	-	-	-	-	-	-	0,730	0,652	0,527	-	-	-
UO ₂ (ClO ₄) ₂	-	-	-	-	-	-	0,626	0,634	0,790	1,390	5,91	30,9
UO ₂ (NO ₃) ₂	-	-	-	-	-	-	0,551	0,520	0,542	0,689	1,237	2,03
ZnBr ₂	-	-	-	-	-	-	0,547	0,510	0,511	0,552	0,572	0,598
ZnCl ₂	0,88	0,84	0,77	0,71	0,64	0,56	0,515	0,462	0,394	0,339	0,289	0,287
ZnSO ₄	0,700	0,608	0,477	0,387	0,298	0,202	0,150	0,104	0,063	0,043	0,035	0,041
HCOONa	-	-	-	-	-	-	0,778	0,734	0,685	0,661	0,658	0,678
CH ₃ COOC's	-	-	-	-	-	-	0,799	0,771	0,762	0,802	0,95	1,145
CH ₃ COOLi	-	-	-	-	-	-	0,784	0,743	0,700	0,689	0,729	0,798
CH ₃ COONa	-	-	-	-	-	-	0,791	0,757	0,735	0,757	0,851	0,982
CH ₃ COORb	-	-	-	-	-	-	0,796	0,767	0,755	0,792	0,933	1,126
CH ₃ COOTl	-	-	-	-	-	-	0,750	0,686	0,589	0,515	0,444	0,405
C ₂ H ₃ COONa	-	-	-	-	-	-	0,800	0,772	0,764	0,808	0,966	1,160
C ₃ H ₇ COONa	-	-	-	-	-	-	0,800	0,774	0,782	0,868	1,083	1,278
C ₄ H ₉ COONa	-	-	-	-	-	-	0,800	0,776	0,790	0,868	1,030	0,982
C ₅ H ₁₁ COONa	-	-	-	-	-	-	0,803	0,779	0,794	0,858	0,763	0,612

325

Elektrolitlar	Konsentratsiya, mol/1000 g suvda							
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
AgNO ₃	0,21	0,181	0,159	0,142	0,129	0,118	0,109	0,102
CaCl ₂	2,93	5,89	11,11	18,28	26,0	34,2	43,0	—
HCl	1,762	2,38	3,22	4,37	5,90	7,94	10,44	13,51
HClO ₄	2,08	3,11	4,76	7,44	11,83	19,11	30,9	50,1
H ₂ SO ₄	0,170	0,208	0,257	0,317	0,386	0,467	0,559	0,643
KOH	1,352	1,72	2,20	2,88	3,77	4,86	6,22	8,10
LiCl	1,510	2,02	2,72	3,71	5,10	6,96	9,40	12,55
NH ₄ Cl	0,560	0,562	0,564	0,566	—	—	—	—
NH ₄ NO ₃	0,331	0,302	0,279	0,261	0,245	0,232	0,221	0,210
NaClO ₄	0,626	0,649	0,677	—	—	—	—	—
NaH ₂ PO ₄	0,293	0,276	0,265	—	—	—	—	—
NaOH	0,903	1,077	1,299	1,603	2,01	2,55	3,23	4,10
UO ₂ (ClO ₄) ₂	160,2	750	—	—	—	—	—	—
ZnBr ₂	0,664	0,774	0,930	1,149	1,439	1,809	2,26	—
ZnCl ₂	0,307	0,354	0,417	0,499	0,607	0,737	0,898	—

Elektrolitlar	Konsentratsiya, mol/1000 g suvda								
	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
AgNO ₃	0,096	0,090	—	—	—	—	—	—	—
HCl	17,25	21,8	27,3	34,1	42,4	—	—	—	—
HClO ₄	80,8	129,5	205,0	322,0	500,0	—	—	—	—

326

H ₂ SO ₄	0,742	0,830	0,967	1,093	1,234	1,387	—	—	—
KOH	10,5	13,2	15,8	19,6	24,6	—	—	—	—
LiCl	16,41	20,9	26,2	31,9	37,9	43,8	49,9	56,3	62,4
NH ₄ NO ₃	0,202	0,194	0,186	0,180	0,174	0,168	0,163	0,158	0,153
NaOH	5,19	6,50	8,04	9,74	11,58	13,47	15,41	17,38	19,33
ZnBr ₂	3,39	—	4,63	—	5,90	—	6,92	—	7,86
ZnCl ₂	1,294	—	1,73	—	2,18	—	2,63	—	3,06

12. Turli elektrolitlarning molyalligi (m), o'rtacha ion molyalligi (m_{\pm}), aktivligi (a) va o'rtacha ion aktivlik koeffitsienti (γ_{\pm}) orasidagi nisbatlar

5.13-jadval

Elektrolit	Formulasi	γ_{\pm}	$m_{\pm} = (v_1^{z_1} v_2^{z_2})^{\frac{1}{z}}$	$a = (m_{\pm} \gamma_{\pm})^{\pm}$
Noelektrolit	Saharoza	—	—	my
1-1; 2-2; 3-3	KCl, ZnSO ₄ , LaFe(CN) ₆	$(\gamma_1 \gamma_2)^{\frac{1}{z}}$	m	$m^2 \gamma_{\pm}^{\pm}$
2-1	CaCl ₂	$(\gamma_1 \gamma_2^2)^{\frac{1}{z}}$	$4^{\frac{1}{z}} m$	$4m^3 \gamma_{\pm}^{\pm}$
1-2	Na ₂ SO ₄	$(\gamma_1^2 \gamma_2)^{\frac{1}{z}}$	$4^{\frac{1}{z}} m$	$4m^3 \gamma_{\pm}^{\pm}$
3-1	LaCl ₃	$(\gamma_1 \gamma_2^3)^{\frac{1}{z}}$	$27^{\frac{1}{z}} m$	$27m^4 \gamma_{\pm}^{\pm}$
1-3	K ₃ Fe(CN) ₆	$(\gamma_1^3 \gamma_2)^{\frac{1}{z}}$	$27^{\frac{1}{z}} m$	$27m^4 \gamma_{\pm}^{\pm}$
4-1	Th(NO ₃) ₄	$(\gamma_1 \gamma_2^4)^{\frac{1}{z}}$	$256^{\frac{1}{z}} m$	$256m^5 \gamma_{\pm}^{\pm}$
1-4	K ₄ Fe(CN) ₆	$(\gamma_1^4 \gamma_2)^{\frac{1}{z}}$	$256^{\frac{1}{z}} m$	$256m^5 \gamma_{\pm}^{\pm}$
3-2	Al ₂ (SO ₄) ₃	$(\gamma_1^2 \gamma_2^3)^{\frac{1}{z}}$	$108^{\frac{1}{z}} m$	$108m^5 \gamma_{\pm}^{\pm}$

13. Elektrolitlarning 25°C temperaturadagi osmotik koeffitsientlari (π)

S.14-jadval

m, mol/100 0g H ₂ O	HCl	HClO ₄	NaOH	NaCl	NaClO ₄	NaBr	NaNO ₃	KCl	KNO ₃	KOH
0,1	0,943	0,947	0,925	0,932	0,930	0,934	0,921	0,927	0,906	0,933
0,2	0,945	0,951	0,925	0,925	0,920	0,928	0,902	0,913	0,873	0,930
0,3	0,952	0,958	0,929	0,922	0,915	0,928	0,890	0,906	0,851	0,934
0,4	0,963	0,966	0,933	0,920	0,912	0,929	0,881	0,902	0,833	0,941
0,5	0,974	0,976	0,937	0,921	0,910	0,933	0,873	0,899	0,817	0,951
0,6	0,986	0,988	0,941	0,923	0,909	0,937	0,867	0,898	0,802	0,960
0,7	0,998	1,000	0,945	0,926	0,910	0,942	0,862	0,897	0,790	0,970
0,8	1,011	1,013	0,949	0,929	0,911	0,947	0,858	0,897	0,778	0,982
0,9	1,025	1,026	0,953	0,932	0,912	0,953	0,854	0,897	0,767	0,992
1,0	1,039	1,041	0,958	0,936	0,913	0,958	0,851	0,897	0,756	1,002
1,2	1,067	1,072	0,969	0,943	0,916	0,969	0,845	0,899	0,736	1,025
1,4	1,096	1,106	0,980	0,951	0,920	0,983	0,839	0,901	0,718	1,050
1,6	1,126	1,141	0,991	0,962	0,925	0,997	0,835	0,904	0,700	1,075
1,8	1,127	1,175	1,002	0,972	0,930	1,012	0,830	0,908	0,684	1,099
2,0	1,188	1,210	1,015	0,983	0,934	1,028	0,826	0,912	0,669	1,124
2,5	1,266	1,305	1,054	1,013	0,947	1,067	0,817	0,924	0,631	1,183
3,0	1,348	1,406	1,094	1,045	0,960	1,107	0,810	0,937	0,602	1,248
3,5	1,431	1,511	1,139	1,080	0,975	1,150	0,804	0,950	0,577	1,317

328

4,0	1,517	1,622	1,195	1,116	0,991	1,199	0,797	0,960	—	1,307
4,5	1,598	1,738	1,255	1,153	1,008	—	0,792	0,980	—	1,459
5,0	1,680	1,860	1,314	1,192	1,025	—	0,788	—	—	1,524
5,5	1,763	1,981	1,374	1,231	1,042	—	0,787	—	—	1,594
6,0	1,845	2,106	1,434	1,271	1,060	—	0,788	—	—	1,661

**FIZIK KIMYOVIY KATTALIKLAR MA'LUMOTNOMASIGA KIRITILGAN
KIMYOVIY TERMINLARNING IZOHI
(GLOSSARIY)**

№	O'zbek	Ingliz	Rus	So'zning ma'nosi	смысл слова
1	Angstrom	Angstrom	Ангстрем	λ , uzunlik o'lchov birligi $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ sm}$	Величина, используемая для измерения размера атома. $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$.
2	Katod	Katod	Катод	galvanik elementlarning manfiy qutbi	Отрицательный заряд гальванического элемента
3	Anod	Anod	Анод	galvanik elementlarning musbat qutbi	Положительный заряд гальванического элемента.
4	Brown harakati	Brownian movement	Броуновское движение	Dispers faza zarrachalarini tartibsiz harakati	Хаотическое движение частиц дисперсной фазы
5	Gel	Gel	Гель	Dispers fazasi suyuq, dispersion muhit qattiq bo'lgan dispers sistema	Дисперсная система состоящая из жидкой дисперсной фазы и твердой дисперсионной среды
6	Gomogen sistema	Homogeneous systems	Гомогенная система	bir fazadan iborat sistemalarga aytildi	Система состоящая из одной фазы.
7	Geterogen sistema	Heterogeneous system	Гетерогенная система	ikki va undan ortiq fazadan iborat sistema	Система состоящая из двух или более фаз
8	Daniel elementi	Daniel element	Элемент Даниэли	Mis (II) sulfat va rux sulfat eritmalaridan iborat galvanik element.	Гальванический элемент, состоящий из медного и цинкового электрода
9	Dipol	Dipole	Диполь	qutblangan molekullar	Полярные молекулы
10	Dipol momenti	Dipole moment	Дипольный момент	qutblangan molekullarning	Степень поляризации

			qutblanish darajalari	молекул
11	Disperslik	Dispersion system	Дисперсность	Степень измельченности дисперсной фазы
12	Dissotsialanish darajasi	Degree of dissociation	Степень диссоциации	Отношение число диссоциированных молекул к общему числу растворенных молекул
13	Diffuzion potentsial	Diffusion potencial	Диффузионный потенциал	Потенциал образующийся в растворе электролита в результате разности концентрации
14	Dielektrik	Dielectric	Диэлектрик	Тело не проводящий электрический ток
15	Yonish issiqligi	Heat of combustion	Теплота горения	Теплота выделенная при полном сгорании 1 моля вещества
16	Izomorfizm	Isomorphism	Изоморфизм	Близкие по кристаллической структуре вещества
17	Izoterma	Isotherma	Изотерма	Прохождение процесса при постоянной температуре
18	Izatonik koeffitsiyent	Isotonical coefficient	Изотоник коэффициент	Коэффициент поправки для растворов электролитов
19	Ichki energiya	Inner energy	Внутренняя энергия	Сумма кинетических и потенциальных энергий всех частей молекулы вещества
20	Ionlar harakatchanligi	Mobility of ions	Подвижность ионов	Способность ионов двигаться в растворе

21	Issiqlik sig'imi	Thermal heat capacity	Теплоёмкость	Moddani issiqlik yutish qobiliyati	Способность вещества поглощать тепло
22	Kataliz	Catalyst	Катализ	Kimyoviy reaksiyalar tezligiga katalizatorlar ta'sirini o'rganish	Катализирование химической реакции каталиторами
23	Krioskopik delmiy	Constant of cryoscopy	Постоянная криоскопии	Erituvchining tabiatiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik	Постоянное значение явления криоскопии
24	Kimyoviy muvozanat	Chemical equilibrium	Химическая равновесия	to'g'ri va teskari reaksiyalar tezligi tenglashgan holat	Состояние при равновесии прямой и обратной реакции
25	Kristall moddalar	Crystal substances	Кристаллические вещества	Molekula yoki ionlari tartibli joylashgan qattiq moddalar.	Твёрдые вещества в которых молекулы или ионы упорядочены
26	Normal eritma	Normal solutions	Нормальные растворы	1 litr eritmada erigan moddaning gramm ekvivalent miqdori	Грамм эквивалент вещества в 1 растворе
27	Standart vodorod elektrod	Standart hydrogen electrode	Стандартный водородный электрод	Potensialining qiymati shartli nol deb kabul kilingan vodorod elektrodi	Стандартный водородный потенциал которого условно принят за ноль
28	O'zgarish issiqligi (yoki o'tish issiqligi)	Heat of transition	Теплота перехода	Moddani bir fazadan ikkinchi fazaga o'tish issiqligi	Теплота перехода вещества из одной фазы в другую
29	Metastabil holat	Metastable state	Метаустойчивое состояние	Fazaning bekaror holati	Неустойчивое состояние фазы
30	Mikron	Micron	Микроны	Zarrachani ulchov birligi	Единица измерения частоты

31	Metallar korroziyasi	Corrosion of metals	Коррозия металлов	metallarning tashki ta'sir natijasida yemirilishi	Разрушение металлов под внешних действий
32	Osmotik bosim	Osmotical pressure	Осмотическое давление	yarim o'tkazgich membrana orqali erituvchi molekulalarini eritmaga uz-uzidan o'tishi	Самостоятельное переход растворителя в раствор через полупроницаемую мембраны
33	Parzial bosim	Parcial pressure	Парциальное давление	gazlar aralashmasidagi ayrim gaz xissasiga to'g'ri keladigan bosim.	Давление индивидуальных газов в смеси газов
34	Refraktometriya	Refractometry	Рефрактометрия	moddani yorug'lik nurlari sindirish kursoratkichini aniqlash	определение преломлении света веществом
35	Reaksiya tezligi	Rate of reaction	Скорость реакции	Reaksiyada ishtirok etuvchi moddalarning konsentratsiyasini vaqt birligi ichida o'zgarishi	Изменение концентрации реагирующих вещества за единицу времени
36	Kritik zarorat	Critical temperature	Критическая температура	Moddani bir fazadan ikkinchi fazaga o'tish temperaturasi	Температура фазового превращения вещества
37	Reaksiyaning issiqlik effekti	Thermal effect of reaction	Тепловой эффект реакции	kimyoviy reaksiyalar vaqtida ajralib chiqadigan yoki yutiladigan issiqlik miqdori	тепло, выделяемая или поглощаемая при химических реакций
38	Solishtirma og'irlilik (sichlik)	Specific weight	Удельный вес	modda massasini uning hajmiga bo'lgan nisbati.	отношение массы к объему.
39	Solishtirma hajm	Specific volume	Удельный объем	1 g suyuq modda egallagan hajm	объем занимаемый 1 г жидкого вещества.
40	Tashish soni	Number of transfer	Число переноса	elektrolit eritmasidagi ionlarning vaqt birligi ichida elektr maydoni ta'sirida tashih o'tgan elektr zarvadi	число зарядов перенесенных ионами под действием электрической поля за единицу времени
41	Termik	Thermal	Термический	Ikki komponentli	Метод

	analiz	analysis	анализ	sistemalarni kaynash yoki suyuklanish temperaturalarini tarkibga bog'lig'ligini arganaidigan usul	определение зависимости температуры плавления или кипения от состава
42	Termodinamika	Thermodynamics	Термодинамика	Issiqlik energiyasini hoshka tur energiyalarga aylantirishni arganaidi	изучает превращения тепловые энергии в другие виды энергии
43	Termodinamik xossalari	Thermodynamic properties	Термодинамические свойства	Sistemani xarorat, bosim, xajm va tarkibga bog'liq bo'lgan xossalari.	Свойства системы, зависящие от температуры, давления, объема и состава.
44	Termostat	Thermostat	Термостат	sistema xaroratini doimiy saqlab turadigan qurilma.	Прибор поддерживающий постоянную температуру системы.
45	Termokimyó	Thermochemistry	Термохимия	Kimyoviy va fizik jarayonlarni issiklik effektlarini arganaidigan bilim	Термохимия - раздел изучающий тепловые эффекты химических и физических процессов.
46	Hosil bo'lish issiqligi	Heat of formation	Теплота образования	Oddiy moddalardan 1 mol murakkab moddani hosil bulishida ajraladigan yoki yutiladigan issiklik miqdori	Тепловой эффект - выделяемая или поглощаемая теплота при образовании и простых веществ одного моля сложного вещества.
47	Uchlama nuqta	Triple point	Тройная точка	Xolat diagrammasidagi uchta faza muvozanatda turgan nuqta	Точка равновесия между тремя фазами в диаграмме состояния
48	Faza	Phase	Фаза	Geterogen	Гомогенная

				sistemani boshka kislamlaridan chegaralar bilan ajralgan bir xil tarkib va bir xil termodinamik xossalarga ega bo'lgan gomogen kislami	часть гетерогенной системы отделенная от других частей поверхностью раздела, имеющая одинаковый состав и одинаковые термодинамические свойства
49	Fotokimyoviy reaksiya	Photochemical reactions	Фотохимические реакции -	yuqur'lik ta'sirida boradigan kimyoviy reaksiyalar.	Химические реакции протекающие под действием света.
50	Ebulioskopik doimiylik	Ebulioskopical constant	Эбулиоскопическая постоянная	1 mol modda eriganda erituvchining kaynash temperaturasi haqda gradusga ortishni kursatadi	Равно повышению температуры кипения растворителя при растворении 1 моля вещества
51	Evtetik nuqta	Point of obtecties	точка эвтектики	ikkita qattiq moddalar aralashmasini quyulganmalarini eng past qolish temperaturasi	Самая низкая температура отвердения расплава двух твердых веществ
52	Elektr o'tkazuvchanlik	Electroconductivity	Электропроводимость	eritmalarining elektr o'tkazish qobiliyati.	Способность электропроводности растворов.
53	Eruvchanlik ko'paytmasi	Product of solability	Произведения растворимости	qiyin eriydigan elektrolitlarning to'yingan eritmalaridagi ionlar konsentratsiyalarining ko'paytmasiga teng	Произведения растворимости - произведения концентрации ионов в растворе труднорастворимых электролитов
54	Erish isiqligi	Heat of solability	Теплота растворения	1 mol (yoki 1 g) modda eriganda ajralib chiqadigan yoki yutildigan isiqlik.	Теплота поглощения или выделения при растворении одного моля (или одного грамма)

					ФОНЕТИКА
55	kimyoviy kinetika va kataliz	Chemical kinetics and catalyst	Химическая кинетика и катализ -	fanni ho'limi	Раздел химии
56	termodinamik sistema	Thermodynamical systems	Термодинамические системы -	Tashqi muvitdan ajratib olingan modda yoki moddalar to'plami.	Вещество или группа веществ, отделенные от внешней среды
57	termodinamik parametrlar	Thermodynamical parameters	Термодинамические параметры -	Bosim, temperatura, hajm	температура, давление, объем
58	termodinamika postulatlari	Thermodynamical postulate	Термодинамические постулаты -	termodinamika qonunlari	закон термодинамики
59	bosim	Pressure	Давление	bosim	давление
60	Mavozanli konstantasi	Equilibrium Constant	Константа равновесия	kimyoviy kattalik	соотношения химически величина
61	Ish	Work	Работа	I'zatilayotgan energiyaning umumiy meyori	Общая мера переданной энергии является работой
62	Adiabatik jarayon	Adiabatical process	Адиабатические процессы -	Isiqlik o'zgarmas bo'lganda boradigan jarayon.	Процессы при постоянной теплоте
63	siklik jarayon	Cyclic process	Циклические процессы	Avalgi holatiga qaytadigan jarayon	Процесс повторяющийся в начальное состояние
64	Izoparametrik jarayon	Izoparametric process	Изопараметрические процессы -	O'zgarmas parametrlarda amalga oshadigan jarayonlar.	Изучения процессы при постоянных параметрах
65	Sistemaning asosiy parametrlari	The best parameters of system	Основные параметры системы -	bosim, temperatura, molyar hajm va konsentratsiya	Основные системы параметры: давление, температура, молярный объем, концентрация
66	Holat tenglamalari	Equation of state	Уравнение состояния -	sistemaning parametrlarini o'zaro bog'lab turuvchi tenglamalar	уравнение связывающие параметров системы
67	Holat funksiyalari	Function of state	Функции состояния -	sistemaning bosiblang'ich va	параметры зависящие от

				oxirgi holatiga bog'liq bo'lib, sistema ushbu holatga qanday yo'l bilan kelishiga bog'liq bo'lmagan funktsiyalar	состоянии системы.
68	Gibbsning fundamental tenglamasi	The base equation of Gibbs	Фундаментальное уравнение Гиббса -	barcha termodinamik parametrlari va termodinamik funktsiyalarini bog'lab turuvchi differensial tenglama	дифференциальная уравнения связывающие все термодинамические параметры в функции
69	Entalpiya	Entalpiya	Энтальпия -	o'zgarmas bosimdagil issiqlik effekti	тепловая энергия превращения системы при постоянном давлении
70	Reaksiyaning standart entalpiyasi	Standart entalpiya of reaction	Стандартное энтальпия реакции -	T=298 K va P=101,32 kPa xolatidagi sistemaning entalpiyasi.	Энтальпия системы при T=298 K va P=101,32 kPa
71	Reaksiya tartibi	Reaction Order	Порядок реакции	Reaksiya tenglamasidagi stexiometrik koeffitsientlar yig'indisi	Сумма стехиометрических коэффициентов уравнения химической реакции
72	0-tartibli reaksiya	-zero-order reactions	Реакции 0-порядка	Tezligi moddalar konsentratsiyasiga bog'liq bo'lmagan reaksiyalar.	Реакции скорости которых не зависят от концентрации вещества
73	1-tartibli reaksiya	-first order reactions	Реакции 1-порядка	Tezligi moddalar konsentratsiyasining birinchi darajasiga bog'liq bo'lgan reaksiyalar.	Реакции скорости которых зависят от первой степени концентрации вещества
74	2-tartibli reaksiya	-second order reactions	Реакции 2-порядка	Tezligi moddalar konsentratsiyasining ikkilanchi	Реакции скорости которых зависят

83	Qattiq eritmalar	Hard solution	Твердые растворы -	Erituvchi va erigan moddalar qattiq bo'lgan eritmalar	Растворы состоящие из твердого растворенного вещества и твердого растворителя.
84	Qaynash haroratining & ko'tarilishi	Increasing of boiling temperature	Повышение температуры кипения -	Erituvchida modda eriganda uning qaynash temperaturasini o'rtishi	Повышение температуры кипения растворителя при растворении в нем вещества
85	O'zgarmas bo'lmadagi issiqlik sig'imi	Thermal heatcapacity at constant pressure	Теплоемкость при постоянном давлении -	Izobarik sharoitda olingan issiqlik sig'imi	Теплоемкость полученный в изобарическом условиях
86	O'tkazgich qarshiligi	Electroconductivity	Сопротивление проводника	O'tkazgichni tok o'tishiga ko'rsatadigan qarshiligi	Сопротивление проводника при прохождении тока.
87	taqqoslash elektrodi	Electrodes of comparison	Сравнительные электроды -	Potensialning qiymati ma'lum bo'lib, uning yordamida boshqa elektrodning potentsill qiymatlari aniqlanadi.	Электрод, значение которых известно, с помощью которых определяют значения потенциала другого электрода
88	Elektrod turlari	Types of electrodes	Виды электродов	Elektrodlar bir necha turga bo'linadi	Электроды делятся на виды
89	Metal elektrodleri	-metal electrodes	Электрод металла	Eritmaga tushirilgan metall	Металл опущенный в раствор
90	Gaz elektrodleri	-gas electrodes	Газовые электроды	Gazni adsorbatsiyalagan inert metallidan va zelektrolit eritmasidan tashkil topgan elektrod	Электроды состоящие из инертного металла, сорбированного газа и раствора электролита
91	Shisha elektrodi	-the glass electrode	Стеклоинный электрод	Yupqa shishaga eritma va metall tushurilib, kislota eritmasiga joylashtirilgan	Электрод состоящий тонкого стекла заполненного раствором с

				elektrod	металлом. ощеделого в кислоту.
92	Elektroliz	Electrolysis	Электрולי -	Elektrolitlarni elektrodlarda elektr tok ta'sirida parçalanishi.	Разложение электролитов под действием электрического тока
93	Ekstraksiya	Extraction	Экстракция -	Ajratisib	Разделение растворов
94	kolloid eritma	Colloid solutions	Коллоидные растворы -	dispers faza o'lecharni 1-100nm bo'lgan dispers sistema	Дисперсная система с дисперсной фазы 1-100 нм
95	real eritma	Real solutions	Реальные растворы -	ideal eritma qonunlariga bo'ysunmaydigan eritma	Растворы не подчиняющиеся законам идеальных растворов
96	Shisha elektrod	Glass electrode	Стеклённые электроды -	Shisha elektrod	Стеклённый электрод - новоселективным и электролит
97	Cheksiz elektr o'tkazuvchanlik	Featureless electroconductivity	Бесконечное электропроводимость	eritmalarni cheksiz suultirilganda elektr o'tkazuvchanlik qiyamatlari	Значение электропроводности при бесконечном разбавлении растворов
98	bug' bosim	Pressure of steam	Давление пара -	Bug'ning molekulalarini idish devoriga uritish.	Ударение молекула пара об стенки посуды.
99	Nernst tenglamasi	The Nernst Equation	Уравнение Нернста -	Elektrod potensialini eritmaning konsentratsiyasiga bog'lanishni ko'rsatadi.	Зависимость значения потенциала электрода от концентрации
100	inghitorlar	Inhibitors	Ингибиторы -	reaktsiyani ekinlashitiruvchi moddalar	Замедляющие реакцию ингибиторы
101	Kataliz	Catalysis	Каталит -	Turli moddalar ta'sirida reaksiya tezigini oshirishni kataliz deb ataladi.	При действии различных веществ ускоряющих скорость реакции

102	gomogen kataliz	Nomogeneous catalysis	Гомогенный катализ -	Reaksiyada ishtirok etayotgan moddalar va katalizator bir fazada bo'ladi.	Катализаторы образуют единую фазу с реагирующими веществами
103	geterogen kataliz	Heterogeneous catalysis	Гетерогенный катализ -	Katalizator va reaksiya muhit har xil fazalarda bo'ladi.	При гетерогенном катализе химическая реакция идет на границе раздела фаз
104	ideal gaz holat tenglamasining	Equation of ideal state of gas	Уравнение состояния идеального газа -	ideal gazning bosim, temperatura o'zgarish bo'lgandagi qiymatlari	математические соотношения в различных процессах
105	izotermik siqilish	Isothermal pressing	Изотермическое сжатие -	barorat doimiy bo'lganda bosimning oshishi	Увеличение давления при постоянной температуре
106	termik kengayish	Thermal expansion	Термическое расширение -	termodinamikaning nolinch qonuni	нулевой закон термодинамики
107	standart bosim	Standart pressure	Стандартное давление -	odatda 1 atm. ga teng	равно 1 атм
108	absolyut nol	Absolute point	Абсолютная ноль -	zarorat 273K	температура при 273K
109	Molekulyar-kinetik nazariya	Molecular-kinetical theory	Молекулярно-кинетическая теория -	modda xossalarni ifodalovchi nazariya	теория
110	tebranma harakat	Oscillating processes	Колебательное движение -	tebranma harakat	
111	tabiiy jarayonlar	Natural processes	Самопроизвольные процессы -	Sistemani muvozzat holatga yaqinlashtiradigan va atrof muhitning ta'sirizis boradigan jarayonlar	процессы, которые совершаются в системе без вмешательства со стороны окружающей среды
112	Korroziya ingibitorlari	Inhibitor of corrosion	Ингибиторы коррозии -	korroziyadan ximoyalovchi	уменьшают скорость процесса коррозии

113	Azotrop aralashmalar	Azotropes	Азотропические смеси -	Bug' va suyuq fazalarda tarkibi bir xil bo'ladigan suyuqliklar aralashmasi.	Смеси двух жидкостей состав которых одинаков и жидкой и паровой фазе.
114	Gidroliz darajasi	Degree of hydrolysis	Степень гидролиза -	gidrolizlangan molekularlar miqdorining erigan modda molekularlarining umumiy miqdoriga nisbatiga teng	отношение концентрации образовавшегося гидроксида к начальной концентрации соли
115	Gidroliz konstantasi	constant of hydrolysis	Константа гидролиза -	kimyoviy kattalik	Химическая величина
116	solidus	solidus	солидус	turli tarkibdagi eritmaning kristallanishini oxirgi xaroratini kursatuvchi chiziq	линии отвечающие температурам конца равновесной кристаллизации раствара различного состава
117	polimolekulyar adsorbsiya	polymolecular adsorption	полимолекулярная адсорбция	sorbent siri yuzasida bir nechta sorbat qavatlari ni hosil bo'lishi	Образование нескольких слоев молекул сорбтива
118	energiya aktivatsii	energy of activation	активационная энергия	molekulani faol xolga o'tkazish uchun zarur bo'lgan energiya	энергия которая расходуется для активации молекул
119	adgeziya	adgeziya	адгезия	turli fazalardagi moddalar zarrachalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining namoyon bo'lishi	молекулярное притяжение между поверхностями двух соприкасающихся разнородных твердых или жидких фаз
120	kogeziya	kogeziya	когезия	ayni fazadagi modda zarrachalari orasida o'zaro tortilishish kuchlarning namoyon bo'lishi	сцепление однородных молекул, атомов или монов которые включает все виды межмолекулярного и межатомного притяжения внутри одной фазы

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. SH.M.Mirziyoyev. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T. "O'zbekiston", 2017. – 488.
2. SH.M.Mirziyoyev. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash-yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. – T. "O'zbekiston", 2017. – 48.
3. SH.M.Mirziyoyev. Erkin va farovon demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. – T. "O'zbekiston", 2017. – 56.
4. А.Эткинс. Физическая химия, том-2, изд-во «Мир», Москва, 2010 г.
5. A. Atkins. Physical Chemistry. W.H.Freeman and Company, New York, 2006.
6. Raymond Chang, John W.Thoman, JR. Physical Chemistry for the Chemical Sciences. University Sciences Books, 2014.
7. А.И.Артсменко, В.А.Малеваный, «Справочное руководство по химии», М. «Высшая школа», 1990 г.
8. Н.Р. Rustamov, «Fizik kimyo», Toshkent, «O'zbekiston», 2000 yil.
9. А.Г.Стромберг, Д.П. Семченко. «Физическая химия», М. «Высшая школа» 2001 г.
10. Sh.P.Nurullaev, X.R. Rustamov. «Texnologik jarayonlarning fizik-kimyoviy asoslari», Toshkent, 2002 yil «Mexnat».
11. X.Rustamov, Sh.Nurullaev. Texnologik jarayonlarning fizik-kimyoviy asoslaridan masalalar to'plami, Toshkent, «O'qituvchi», 2002 yil.
12. X.Rustamov, B.Hasanov, Sh.Nurullaev. Fizikaviy kimyodan masalalar to'plami, Toshkent, «Ta'lim», 2009 yil.
13. X.Rustamov, Sh.Nurullaev. Fizikaviy kimyo, Toshkent, Fan va texnologiya, 2011 yil.
14. А.Д.Зимон, Н.Ф.Лещенко. Физическая химия, М., «Химия», 2000 г.
15. Ю.Г.Фролов, В.В. Белик. Физическая химия, М., «Химия», 1993 г.
16. К.С.Краснов. Физическая химия. Изд.2-е, перераб. И доп.. Ч-1,2, М., «Высшая школа», 1995 г.
17. Fizik-kimyodan analiy mashg'ulotlar (B.N.Afanasev va boshqalar.

- Tarjimonlar – X.Ch. Akbarov, R.S. Tillaev), T., O'zbekiston. 1999 yil.
18. Sh.P. Nurullaev. Fizikaviy kimyo (*chet el o'quv adabiyotlari ma'lumotlari bilan boyitilgan va qayta ishlangan nashri*), T., "Iqtisod-moliya", 2016 yil.
19. S.N. Aminov va boshqalar. Fizik va kolloid kimyodan amaliy mashg'ulotlar. T., Fan, 2006 yil.
20. Sh.P. Nurullaev, A.J. Xoliqov, J.S. Qayumov. Analitik, fizikaviy va kolloid kimyo (Fizikaviy kimyo qismi). – T., "Iqtisod-moliya", 2018, - 260 bet

MUNDARIJA

	betlar
So'z boshi	3-4
Kirish	5-8
I – bob. Kimyoviy termodinamika qonunlari va termokimyo.	9
1.1. Termodinamikaning asosiy tushunchalari. Sistema ichki energiyasi va bajarilgan ish	9
1.2. Termodinamikaning 1-qonuni	9-12
1.3. Termokimyo va issiqlik effekti	12-13
1.4. Gess qonuni	14-15
1.5. Issiqlik sig'imi	15-17
1.6. Termodinamik jarayonlar. Entropiya va uni jarayonlarda o'zgarishi	17-20
1.7. Termodinamikaning 2-qonuni	20-21
1.8. Termodinamik funksiyalar	21-24
1.9. Kimyoviy potensial. Klauzius-Klapcyron tenglamasi	24-27
Kimyoviy termodinamikani 1 va 2 qonunlari va termokimyodan amaliy mashg'ulotlar (<i>misol va mashqlar</i>)	27-40
Mustaqil ravishda amaliy yechish uchun masalalar	40-55
<i>Ko'p variantli masalalar</i>	55-58
Masalalarni amaliy yechishga doir fizik-kimyoviy kattaliklar ma'lumotnomasi	59-100
II – bob. Kimyoviy muvozanat.	101
2.1. Muvozanat konstantasi va uni ifodalash usullari	101-103
2.2. Kimyoviy reaksiyalarning izoterma, izoxora va izobara tenglamalari	103-106
Termodinamik jarayonlar kimyoviy muvozanatini amaliy hisoblash bo'yicha misol va mashqlar	107-126
Mustaqil ravishda amaliy yechish uchun masalalar	126-138

<i>Ko'p variantli masalalar</i>	138-140
Masalalarni amaliy ravishda yechishga tegishli fizik-kimyoviy kattaliklar ma'lumotnomasi	141-148
III – bob. Fazalar muvozanati.	149
3.1. Fazalar muvozanati termodinamikasi. Fazalar qoidasi	149-154
3.2. “Suyuq-bug” va “qattiq-suyuq” fazalar muvozanati.	154-159
Termodinamik jarayonlarda fazalar muvozanatini amaliy tarzda ifodalash bo'yicha mashq va misollar.	160-170
Fazalar muvozanatini amaliy ravishda mustaqil ifodalashga doir masalalar	170-177
<i>Ko'p variantli masalalar</i>	177-182
Masalalarni amaliy yechishga tegishli fizik-kimyoviy kattaliklar ma'lumotnomasi	182-188
IV – bob. Noelektrolit eritmalar	189-192
4.1. Noelektrolit eritmalarini hosil bo'lishining termodinamikasi va molekulyar kinetik shartlari	192-198
4.2. Eritmalarni sinflanishi.	198-211
4.3. Eritmalarni kolligativ xossalari.	211-220
4.4. Eruvchanlik va ekstraksiya jarayoni.	220-225
Noelektrolit eritmalar termodinamikasi bo'yicha amaliy yechish uchun misol va mashqlar.	226-241
Mustaqil ravishda amaliy yechish uchun masalalar.	241-252
<i>Ko'p variantli masalalar</i>	252
Noelektrolit eritmalar bo'yicha masalalar yechishga doir fizik-kimyoviy kattaliklar ma'lumotnomasi	253-263
V-bob. Elektrolit eritmalar.	264-268
5.1. Elektrolit eritmalarining xossalari va ularning turlari.	268-274
5.2. Elektrolitlarning elektr o'tkazuvchanligi	274-284
5.3. Ionlarning termodinamik aktivligi. Ion kuchi	284-290

5.4. Konduktometrik titrlash.	290-295
Elektrolit eritmalar termodinamikasi bo'yicha amaliy misol va mashqlar.	295-306
Mustaqil ravishda yechishga doir masalalar.	306-310
Ko'p variantli masalalar	310-313
Elektrolit eritmalar bo'yicha masalalar yechishga doir fizik- kimyoviy kataliklar ma'lumotnomasi.	314-329
Fizikaviy kimyo fani bo'yicha ayrim atamalar izohi (<i>glossariy</i>)	330-342
Foydalanilgan adabiyotlar.	343-344

**O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus
ta'lim vazirligi**

SH.P.Nurullayev, H.S.Tolipova, B.X.Xasayov.

M.N.Mavlonova, Z.S.Alixonova

ANALITIK, FIZIKAVIY VA KOLLOID KIMYO

(Fizikaviy kimyo fanidan amaliy mashg'ulotlar)

1-qism

**Бичими 60x84¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шарғли босма табағи: 21,75. Адади 100. Буюртма № 88.**

Гувоҳнома reestr № 10-3719

**“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчасы, 32-уй.**

