KONTAKT BURCHAGI EVOLYUTSIYASI ORQALI KOLLOID TOMCHILARNING CCR, CCA VA ARALASH QURISH REJIMLARINI FIZIK MODELLASHTIRISH

Madaminov Ikromjon Baxtiyor o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti “Fizika” kafedrasi
1-bosqich tayanch doktoranti

Annotatsiya
Ushbu tezisda qattiq substrat ustida joylashgan kolloid suyuqlik tomchisining bug‘lanish jarayoni kontakt burchagi evolyutsiyasi asosida tahlil qilinadi. Tomchi qurishi davomida asos radiusi, balandlik, hajm va kontakt burchagi vaqt bo‘yicha o‘zgarib, evaporatsiya rejimining fizik xususiyatlarini belgilaydi. Tezisda CCR, CCA va aralash qurish rejimlarining mazmuni, kontakt chizig‘i pinningi, sirt tarangligi va tomchi geometriyasining o‘zaro bog‘liqligi umumlashtiriladi. Mazkur yondashuv mikrohajmli tomchilar, kolloid eritmalar va quriydigan plyonkalar fizikasi uchun muhim nazariy asos beradi.

Kalit so‘zlar: *kontakt burchagi, kolloid tomchi, CCR modeli, CCA modeli, aralash rejim, kontakt chizig‘i, pinning, evaporatsiya, sirt tarangligi.*

KIRISH

Qattiq sirt ustida joylashgan suyuqlik tomchisining bug‘lanishi suyuqliklar fizikasi, sirt hodisalari va kolloid sistemalar nazariyasida muhim masalalardan biridir. Tomchi qurishi faqat hajmning kamayishi bilan cheklanmaydi; bu jarayonda asos radiusi $r(t)$, balandlik $h(t)$, kontakt burchagi $\theta(t)$ va hajm $V(t)$ o‘zaro bog‘liq holda o‘zgaradi. Ushbu parametrlarning evolyutsiyasi kontakt chizig‘i holati, sirt tarangligi, substratning namlanish xususiyati va bug‘lanish oqimi bilan belgilanadi.

Kontakt burchagi tomchi-substrat o‘zaro ta’sirining asosiy geometrik indikatori hisoblanadi. Katta kontakt burchagi tomchining sirtga kam yoyilishini, kichik kontakt burchagi esa namlanish darajasining yuqoriligini bildiradi. Bug‘lanish davomida kontakt burchagining kamayishi yoki saqlanishi tomchi qaysi qurish rejimida ekanini ko‘rsatadi. Kolloid tomchilarda esa erigan modda yoki zarrachalar kontakt chizig‘i yaqinida to‘planib, pinning hodisasini kuchaytirishi mumkin. Bunday sharoitda qattiq qoldiqning halqasimon yoki zonal shaklda hosil bo‘lishi ko‘pincha kontakt chizig‘i dinamikasi bilan bog‘liq [1, B. 827].

Asosiy qism. Ideal silliq va kimyoviy bir jinsli substrat uchun tomchining muvozanat kontakt burchagi Young tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\cos\theta = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}}. \qquad (1)$$

Bu yerda γ_{SV}, γ_{SL} va γ_{LV} mos ravishda qattiq sirt-bug‘, qattiq sirt-suyuqlik va suyuqlik-bug‘ chegaralaridagi sirt energiyalaridir. (1)-tenglama kontakt burchagi sirt energiyalari muvozanatining natijasi ekanini ko‘rsatadi. Real sirtlarda esa mikronotekisliklar, kimyoviy geterogenlik va kolloid zarrachalar sababli kontakt chizig‘i ideal muvozanatdan chetga chiqadi.

Tomchi sferik segment deb qaralganda uning hajmi balandlik va asos radiusi orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$V(t) = \frac{\pi h(t)}{6}[3r^2(t) + h^2(t)]. \quad (2)$$

Kontakt burchagi esa tajriba tasvirlaridan o‘lchanadigan $h(t)$ va $r(t)$ qiymatlari asosida baholanishi mumkin:

$$\theta(t) = 2\arctan\frac{h(t)}{r(t)}. \quad (3)$$

Shu sababli tomchi geometriyasini vaqt bo‘yicha kuzatish evaporatsiya rejimini aniqlashning qulay usuli hisoblanadi. Bug‘lanish tezligi hajmning vaqt bo‘yicha kamayishi orqali yoziladi:

$$v_e(t) = -\frac{dV}{dt}. \quad (4)$$

CCR rejimida kontakt radiusi deyarli o‘zgarmaydi, kontakt burchagi va balandlik esa kamayadi. Bu holat odatda kontakt chizig‘i substratga mahkamlanganida kuzatiladi:

$$\frac{dr}{dt} \approx 0, \qquad \frac{d\theta}{dt} < 0. \quad (5)$$

CCR rejimida periferik bug‘lanish oqimi zarrachalarni tomchi chetiga olib boradi va pinning ularning shu hududda to‘planishiga sabab bo‘ladi [2, B. 1334].

CCA rejimida kontakt burchagi nisbatan barqaror qoladi, asos radiusi esa vaqt o‘tishi bilan kamayadi:

$$\frac{d\theta}{dt} \approx 0, \qquad \frac{dr}{dt} < 0. \quad (6)$$

Bu rejim kontakt chizig‘i erkin siljiy oladigan, pinning kuchsiz bo‘lgan substratlarda kuzatiladi. Tomchi o‘z shaklini saqlagan holda kichrayadi, shuning uchun qattiq qoldiqning periferik yig‘ilishi CCR rejimidagiga nisbatan sustroq bo‘lishi mumkin.

Real tajribalarda ko‘pincha aralash rejim uchraydi. Bu holatda kontakt radiusi ham, kontakt burchagi ham vaqt bo‘yicha o‘zgaradi. Dastlab tomchi CCR rejimiga yaqin qurishi, keyin kontakt burchagi kritik qiymatga yetgach kontakt chizig‘i siljishi mumkin. Bunday “stick-slip” xarakterli harakat substrat notekisligi, tomchi tarkibi va bug‘lanish oqimining notekisligi bilan bog‘liq [3, B. 2711].

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Kontakt burchagi evolyutsiyasini fizik tahlil qilish tomchi qurish jarayoni bosqichma-bosqich kechishini ko‘rsatadi. Dastlab tomchi substrat ustida muvozanat shaklini egallaydi. Keyingi bosqichda bug‘lanish boshlanib, hajm kamayadi. Agar kontakt chizig‘i pinning holatida bo‘lsa, radius saqlanadi va burchak pasayadi. Agar kontakt chizig‘i siljisa, radius qisqaradi va CCA yoki aralash rejim yuzaga keladi.

Kolloid yoki elektrolit tomchilarda bu rejimlar suyuqlik tarkibi bilan ham bog‘liq. Eritmadagi zarrachalar, tuz ionlari yoki makromolekulalar bug‘lanish davomida konsentratsiyalanadi, sirt tarangligini o‘zgartiradi va kontakt chizig‘ining harakatini cheklaydi. Shuning uchun bir xil substrat va harorat sharoitida ham turli tarkibli tomchilar turlicha qurish rejimlarini namoyon qilishi mumkin.

Kontakt burchagining pasayishi bug‘lanish yuzasiga ham ta’sir ko‘rsatadi. Burchak kichrayganda tomchi sirtga kengroq yoyiladi, balandlik pasayadi va

evaporatsiya sharoiti o‘zgaradi. Shu sababli kontakt burchagi nafaqat geometriyaviy parametr, balki issiqlik-massa almashinuvi jarayonini baholovchi fizik indikator sifatida qaralishi lozim [4, B. 558].

CCR, CCA va aralash rejimlarni ajratish mikrofluidik qurilmalar, bioanalitik platformalar, quritish texnologiyalari va yupqa qoplamalar hosil qilishda amaliy ahamiyatga ega. Tomchi geometriyasini nazorat qilish orqali yakuniy qoldiqning taqsimlanishi va morfologiyasini boshqarish mumkin.

XULOSA

Kontakt burchagi evolyutsiyasi kolloid tomchilarning qurish rejimlarini aniqlashda asosiy fizik mezon hisoblanadi. CCR rejimida kontakt radiusi o‘zgarmas saqlanib, kontakt burchagi kamayadi; CCA rejimida kontakt burchagi nisbatan barqaror bo‘lib, radius qisqaradi; aralash rejimda esa ikkala parametr ham vaqt bo‘yicha o‘zgaradi. Real kolloid tomchilarda aynan aralash rejim ko‘proq uchraydi.

Tomchining hajmi, balandligi, radiusi va kontakt burchagi o‘rtasidagi bog‘liqlik evaporatsiya kinetikasini tushuntirishda asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi. Kontakt chizig‘i pinningi, sirt tarangligi, substrat xossalari va suyuqlik tarkibi qurish rejimini belgilaydi. Shu bois kontakt burchagi evolyutsiyasiga asoslangan modellashtirish suyuqliklar fizikasi va quritish texnologiyalari uchun muhim ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Deegan R.D. et al. Nature. 1997. Vol. 389. P. 827–829.
2. Hu H., Larson R.G. J. Phys. Chem. B. 2002. Vol. 106. P. 1334–1344.
3. Chen X., He Y., Luo J. Chinese Science Bulletin. 2012. Vol. 57. P. 2711–2717.
4. Brutin D., Starov V. Chemical Society Reviews. 2018. Vol. 47. P. 558–585.
5. Picknett R.G., Bexon R. J. Colloid Interface Sci. 1977. Vol. 61. P. 336–350.
6. Deegan R.D. Physical Review E. 2000. Vol. 61. P. 475–485.
7. Cazabat A.M., Guéna G. Soft Matter. 2010. Vol. 6. P. 2591–2612.
8. Bonn D. et al. Reviews of Modern Physics. 2009. Vol. 81. P. 739–805.