

Acoplamiento termodinámico y dinámico en la imbibición capilar de soluciones en medios nanoporosos

Fernández, Leandro Ezequiel^{1,3}; Pizarro, Agustin Daniel^{1,3}; Berli, Claudio Luis Alberto²; Bellino, Martín Gonzalo³; Arturo Illia, Galo Juan de Ávila Arturo¹

¹ Instituto de Nanosistemas, Escuela de Bio y Nanotecnologías (INS-EByN-UNSAM-CONICET), 1650 San Martín, Argentina.

² Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC-UNL-CONICET) Predio CCT CONICET Santa Fe, 3000 Santa Fe, Argentina.

³ Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN-CNEA-CONICET), Buenos Aires, Argentina.

lefernandez@unsam.edu.ar

Área temática: D. Fenómenos de Superficies

Los dispositivos nanofluídicos utilizan fluidos confinados en materiales nanoestructurados que exhiben propiedades únicas ausentes en la macroescala, y los hace atractivos para aplicaciones en transporte de iones, fabricación de sensores, dispositivos lab-on-a-chip, entre otros. Este trabajo presenta un marco teórico que unifica la termodinámica de soluciones con la cinética de imbibición radial para describir la formación de halos húmedos alrededor de gotas de solución en películas delgadas nanoporosas. El modelo integra el efecto de los solutos mediante una presión efectiva que combina el potencial hídrico del vapor y la presión osmótica, corregida por un coeficiente de reflexión que mide la exclusión del soluto en poros nanométricos. Esta integración explica por qué el llenado procede como un proceso colectivo gobernado por la humedad relativa, mientras que el vaciado ocurre por eventos discretos de cavitación bajo tensiones extremas.

Bajo este enfoque, el transporte iónico puede alterar el equilibrio dinámico donde la evaporación que compensa el llenado capilar puede acelerar o frenar el frente de imbibición de forma autónoma. Asimismo, se analiza cómo el flujo de vapor lateral, que se destila desde la gota hacia el halo, interactúa con la concentración iónica para redefinir los patrones de infiltración. Así, el dispositivo deja de ser un receptor pasivo para convertirse en un sistema con control de retroalimentación, donde la sintonía entre humedad externa y dinámica iónica permite programar respuestas químicas precisas en la nanoescala.