

Най-значимо научно постижение за 2025 г.

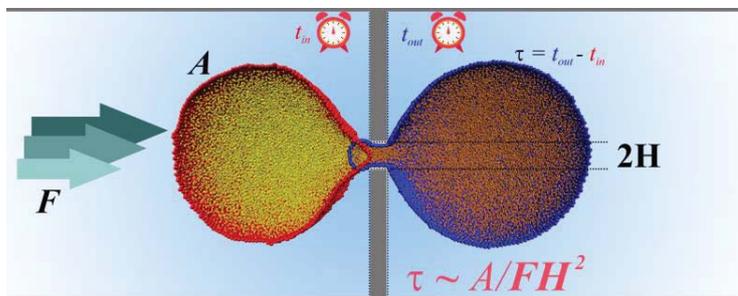
Преминаване на везикули през тесен процеп под действие на флуиден поток – скейлингови отношения

проф. д-р Богдан Рангелов, проф. дхн Андрей Милчев

Същност: Везикулите са „контейнери“ на микро- и нано-ниво, чрез които в живите системи се пренасят протеини, хормони, ензими и други молекули. В практиката и природата този пренос често включва преминаване през стеснения (пори/процепи) в мембрани и разделящи граници. Разбирането на механизма и скоростта на такова преминаване е важно за приложения като доставка на лекарства, нанофлуидика, клетъчна филтрация и хемостаза.

Резултати: Чрез хибриден подход на молекулна динамика с отчитане на хидродинамичните взаимодействия е моделирано преминаването на везикула с пълнеж през тесен правоъгълен процеп с ширина H под действие на флуиден поток, предизвикан от постоянна сила F . Анализирано е времето за преминаване τ в зависимост от площта/размера на везикулата (A), концентрацията на пълнежа, ширината на процепа и силата на потока. Получени са ясни скейлингови зависимости:

- $\tau \propto A$ (по-големите везикули преминават по-бавно);
- $\tau \propto 1/F$ (по-силен поток ускорява преминаването);
- $\tau \propto 1/H^2$ (дори малко увеличаване на процепа силно съкращава времето);
- $\tau \propto$ концентрацията на пълнежа (по-голям „товар“ води до по-бавно преминаване).



Фигура 2.1. Преминаване на везикула с пълнеж през тесен процеп под действие на поток: илюстрация на деформацията и установените скейлингови зависимости за времето на преминаване τ ($\tau \propto A$, $\tau \propto 1/F$, $\tau \propto 1/H^2$ и $\tau \propto$ концентрацията на пълнежа).

Значимост за науката и обществото: Научната стойност на изследването е в извеждането на универсални зависимости, които свързват геометрията на стеснението, характеристиките на „мекия контейнер“ и силата на потока с кинетиката на преминаване. Това създава основа за количествено предсказване и инженерно управление на процеси в микрофлуидни устройства и бариерни системи. От гледна точка на обществения ефект резултатите подпомагат оптимизацията на технологии за филтрация и разделяне, както и разработването на по-ефективни носители за контролирана доставка на активни вещества.

Rangelov B., Petkov P., Milchev A., Flow-Induced Vesicle Translocation through a Narrow Slit -Transit Time Scaling Relations, *Langmuir* **41(25)** (2025), 15849-15856 (IF 3.9; Q2)

<https://doi.10.1021/acs.langmuir.5c00604>