

Úloha III.3 ... náhodně dál dojdeš

5 bodů; průměr 4,23; řešilo 86 studentů

V mikrosvětě buněk rozlišujeme dva typy transportu: transport pomocí volné difuze, tj. Brownova pohybu, kde pohyb využívá přímo energie prostředí, a tzv. aktivní transport, který vyžaduje například proteinový motor pohybující se konstantní rychlostí po cytoskeletálním vlákne. Uvažujme typickou hodnotu difuzní konstanty $D \approx 10^{-9} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a rychlost aktivního transportu $u \approx 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pro jaké vzdálenosti se časově vyplatí difuzní a kdy naopak aktivní způsob pohybu? Uvažujte, že transport probíhá jen v jednom rozměru. Marek J. čtl Sekimota.

Pre voľnú brownovskú časticu platí, že jej stredná vzdialenosť od počiatku trajektórie je v 1D daná ako

$$\langle x \rangle = \sqrt{2Dt},$$

kde t je čas a $\langle x \rangle$ značí strednú hodnotu, pričom stredujeme cez trajektórie. Pre krátke časy, či vzdialenosti je výhodný difúzny spôsob pohybu, keďže jeho zdrojom je aj tak prítomné prostredie, konkrétne pohyb generujú zrážky molekúl prostredia s brownovskou časticou. Pre dlhšie vzdialenosti, a teda aj dlhšie časy, sa na náhodu už neradno spoliehať, stredná rýchlosť $\langle x \rangle / t = \sqrt{2D/t}$ s časom klesá. Vzdialenosť l , pre ktorú sú oba spôsoby transportu v priemere rovnako rýchle (trvajú rovnaký čas τ), určíme následovne

$$\tau = \frac{l^2}{2D} = \frac{l}{u},$$

odkiaľ pomocou hodnôt zo zadania máme $l = 2D/u \approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Vidíme, že pre vzdialenosti menšie ako rádovo stovky nanometrov vie byť difúzny pohyb výhodnejší než aktívny transport. A príroda to skutočne využíva, napríklad vzdialenosť zhruba 50 nm medzi synaptickými membránami neurotransmitery prekonávajú difúziou. Na druhej strane vzdialenosti v bunkách, rádovo mikrometre, sú zdolávané typicky za použitím molekulárnych motorov.

Marek Jankola
marekj@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.