

Nauki fizyczne temat nr 12	Physical sciences topic No. 12
Nierównowagowa termodynamika anomalii dyfuzji	Nonequilibrium thermodynamics of diffusion anomalies
PhD supervisor: dr hab. Jakub Spiechowicz, prof. UŚ https://zft.us.edu.pl/index.php/people/13-staff/35-mgr-jakub-spiechowicz	
<p>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</p> <p>Zafascynowani niezrównaną wydajnością silników molekularnych, w proponowanym projekcie chcemy zbadać nierównowagową termodynamikę anomalii dyfuzji. Ostatnie lata przyniosły imponujący postęp w technikach eksperymentalnych, takich jak mikroskopia czy rekonstrukcja układów subkomórkowych poza organizmami żywymi, który pozwala szczegółowo śledzić ich dynamikę. Badając ruch w komórkach biologicznych rutynowo odkrywa się, że dyfuzja wykazuje anomalie, a zatem taki układ stanowi idealny układ do tego celu. Powiązanie termodynamiki z anomaliami dyfuzji jest jednym z najważniejszych problemów we współczesnej mechanice statystycznej.</p> <p>Centralnym pytaniem projektu jest zatem, jakie są konsekwencje termodynamiczne anomalii dyfuzji, takich jak dyfuzja anomalna i dyfuzja Brownowska, lecz nieGaussowska, a także innych, takich jak gigantyczna dyfuzja. Aby opracować ich interpretację termodynamiczną, planujemy przeanalizować, jak dynamika w podprzestrzeni prędkości wpływa na kinetykę w podprzestrzeni położenia oraz jaki jest jej wpływ na sprawność układu. Będziemy modelować go za pomocą uogólnionego stochastycznego równania całkowo-różniczkowego Langevina jako motor Brownowski, tzn. klasyczną cząstkę Browna, z dala od równowagi termodynamicznej, poruszającą się w przestrzennie periodycznym potencjale. Jako</p>	<p>Brief description of research assumptions and goals</p> <p>Fascinated by the unparalleled efficiency of molecular motors in the proposed project we want to study nonequilibrium thermodynamics of diffusion anomalies. Recent years have seen impressive progress in experimental techniques such as microscopy or reconstruction of subcellular systems outside of living organisms allowing us to follow their dynamics in great detail. When tracking motion in cells one routinely finds that diffusion exhibits anomalous behavior and therefore such a setup provides an ideal system of interest for this purpose. A link between thermodynamics and diffusion anomalies is one of the most important missing puzzles in state of the art statistical mechanics.</p> <p>The central question of the project is therefore what are the thermodynamical consequences of diffusion anomalies such as the anomalous diffusion and Brownian, yet non-Gaussian diffusion as well as other ones like the giant diffusion. To develop their thermodynamical interpretation we plan to analyze how the dynamics in the velocity subspace impacts the kinetics in the coordinate subspace and the effect of such influence on the efficiency of the motor. We plan to model it in terms of the generalized Langevin stochastic integro-differential equation as a Brownian motor, namely, a classical Brownian particle far away from thermodynamic equilibrium traveling in a spatially periodic potential. As factors</p>



<p>przyczyny anomalii dyfuzji planujemy uwzględnić czynniki odzwierciedlające charakterystyczne cechy środowiska wewnątrzkomórkowego, a mianowicie lepkosprężystość, zatłoczenie, heterogeniczność i wszechobecne (aktywne) fluktuacje.</p> <p>Wykorzystamy najnowsze osiągnięcia w teorii procesów stochastycznych i ich interpretacji termodynamicznej, takie jak np. termodynamiczne relacje nieoznaczoności, które ograniczają fluktuacje w stanach dowolnie oddalonych od równowagi. Głównymi narzędziami badawczymi będą analityczne i numeryczne metody analizy kinetyki nierównowagowego motoru Brownowskiego. Obliczenia przeprowadzimy w ramach uogólnionych stochastycznych równań całkowo-różniczkowych Langevina lub równań różniczkowych cząstkowych Fokkera-Plancka. Nasze wyniki mogą zostać zweryfikowane eksperymentalnie w wielu różnych układach pochodzenia biologicznego i sztucznego. Są to np. motory molekularne, takie jak kinezyrna lub dyneina, oraz cząstki koloidalne w periodycznych potencjałach generowanych światło laserowe.</p>	<p>giving rise to diffusion anomalies we plan to consider contributions that reflect the characteristic features of the intracellular environment, namely the viscoelasticity; crowding; heterogeneity; and ubiquitous (active) fluctuations.</p> <p>We will harvest the most recent advances in the theory of stochastic processes and their thermodynamic interpretation such as e.g. thermodynamic uncertainty relations that constrain current fluctuations in states arbitrarily far from equilibrium. The main research tools will be analytical and numerical methods of analysis of the nonequilibrium Brownian motor kinetics. We will perform calculations in the framework of the generalized Langevin stochastic integro-differential equations or the Fokker-Planck partial differential ones. Our results may be validated experimentally in many different setups of biological and artificial origin. These are e.g. single-molecule motors such as a kinesin or dynein and colloidal particles dwelling in periodic potentials created by laser light fields.</p>
<p>Planowany wkład w rozwój dyscypliny Badania planowane w ramach tego projektu pozwolą zmierzyć się z kilkoma fundamentalnymi wyzwaniami w dziedzinie nierównowagowej fizyki statystycznej, termodynamiki i teorii transportu w skali mikro i nano. Z drugiej strony, projekt jest również obiecujący pod względem potencjalnych przyszłych zastosowań, takich jak projektowanie i wytwarzanie mikro- i nanosilników inspirowanych biologicznie.</p>	<p>Planned contribution to the development of the discipline Research planned in this project will allow facing several fundamental challenges in nonequilibrium statistical physics, thermodynamics and theory of transport in the micro and nanoscale domain. On the other hand, this proposal is promising also in terms of its potential future applications such as designing and fabricating biologically inspired micro and nano motors.</p>
<p>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</p>	<p>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</p>

