

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Zdecydowana większość systemów napotykanych w naszym życiu pozostaje poza równowagą. Dotyczy to zarówno układów, w których występują zjawiska naturalne, takich jak reakcje chemiczne, rozprzestrzenianie się epidemii czy konkurencja międzygatunkowa, jak i układów sterowanych przez ludzi i pewne regulacje prawne, kulturowe czy społeczne, wśród których można wymienić notowania giełdowe, ruch uliczny czy dyfuzje innowacji. W ogólność wszystkie procesy w których występują makroskopowe przepływy pewnej wielkości uznaje się za nierównowagowe. Choć tak powszechne, zjawiska te są słabo poznane i wykraczają daleko poza dobrze już ugruntowaną tradycyjną termodynamikę, która zajmuje się systemami będącymi w równowadze. Przemiany fazowe, zjawiska krytyczne oraz związane z nimi skalowanie i uniwersalność są koncepcjami osadzonymi głęboko w teorii równowagowej fizyki statystycznej. Dlatego też zasadność ich stosowania do modeli nierównowagowych może być kwestionowana. Niestety, ogólne ramy teoretyczne dla nierównowagowej termodynamiki i fizyki statystycznej nie zostały jeszcze sformułowane.

Wśród wielu zagadnień nierównowagowej fizyki statystycznej szczególnie fascynujące i ciągle jeszcze dobrze nie poznane są zjawiska krytyczne. W równowagowej fizyce statystycznej, ze względu na korelacje dalekiego zasięgu w punkcie krytycznym, pojawiają się zjawiska kolektywne, takie jak przemiany fazowe, których charakter zależy przede wszystkim od wymiarowości przestrzeni i tzw. parametru porządku. Wszystkie inne cechy układu stają się w pewnym sensie nieistotne. To pozwala nam podzielić wszystkie przemiany fazowe na kilka klas uniwersalności tak, że modele w obrębie jednej grupy przejawiają to samo zachowanie w pobliżu przejścia fazowego. Systemy nierównowagowe tymczasem, bez ograniczeń w postaci równowagi szczegółowej i mikro odwracalność, wykazują zachowania krytyczne znacznie trudniejsze do sklasyfikowania.

W ramach projektu zbadamy granice fizyki nierównowagowej i zjawisk krytycznych na sieciach złożonych, które to mogą reprezentować geometrię szerokiej gamy układów naturalnych – od sieci elektroenergetycznych i transportowych począwszy, poprzez łańcuchy metaboliczne i zależności biologiczne, aż do Internetu i struktur społecznych. Naszym celem jest identyfikacja cech sieci i mikroskopowych detali dynamicznych, które mają dominujący wpływ na zachowanie krytyczne modeli nierównowagowych, a także ilościowe oszacowanie ich roli. W naszych badaniach będziemy rozważać układy z dwoma rodzajami nieporządku, hartowanym i wyżarzonym, które odzwierciedlają różne skale czasowe i szybkości zmian układu. Dodatkowo wprowadzają niejednorodność do badanego systemu, które to imitują fluktuacje zewnętrzne, zmiany strukturalne lub zanieczyszczenia występujące w rzeczywistym środowisku. Ze względu na interdyscyplinarny charakter badań, wyniki nie tylko przyczynią się do głębszego zrozumienia różnic między równowagową i nierównowagową mechaniką statystyczną, ale również mogą znaleźć wiele zastosowań w obrębie różnych dyscyplin naukowych.