

# Dyfuzyjne korelacje i klasyczno-kwantowa odpowiedniość w dynamice układów całkowalnych - streszczenie popularnonaukowe

Maciej Łebek

Każdego dnia obserwujemy i doświadczamy zjawisk związanych z przepływem cieczy i gazów. Gama tych zjawisk jest bardzo szeroka: od zupełnie zwyczajnych takich jak wypływ wody z kranu czy wiatr wprawiający w ruch liście do bardziej gwałtownych i ekstremalnych, jak fale powodziowe czy tornada. Całe bogactwo zachowań przejawianych przez płyny i gazy opisane jest przez jedną teorię fizyczną - hydrodynamikę.

Chociaż wiemy, że materia w rzeczywistości składa się z ogromnej liczby cząsteczek poruszających się z dużymi prędkościami i odbijających się od siebie, to hydrodynamika upraszcza ten obraz. Charakterystyczne skale długości, potrzebne do opisanie zjawisk w płynach są znacznie większe niż średnie odległości między cząstkami. Efektywność i sukces hydrodynamiki polega na wykorzystaniu tej rozbieżności skali, która pozwala na uśrednieniu gęstości i prędkości cząstek i potraktowaniu układu jako *ośrodek ciągły*. To uproszczenie, omija problem śledzenia ruchu ogromnych ilości cząstek i pozwala na ilościowy opis dynamiki cieczy na skalach, które obserwujemy na co dzień. W szczególności, hydrodynamika pozwala przewidzieć tzw. dynamiczne funkcje korelacji, mierzalne eksperymentalnie i powiązane z współczynnikami transportu takimi jak przewodność termiczna czy lepkość. Hydrodynamika jest teorią o ponad trzystuletnich tradycjach, niemniej jednak jej podstawowe idee są tak ogólne, że okazują się efektywne także w opisie układów drastycznie różnych od klasycznych płynów. W szczególności, teoria ta okazuje się również adekwatna do opisu układów światła w nieliniowych światłowodach optycznych.

Spośród układów wielociałowych możemy wyodrębnić specjalną klasę - są to tak zwane *układy całkowalne*. Występują w jednowymiarowych geometriach, takich jak nanodruty, światłowody czy specjalnie przygotowane pułapki ograniczające ruch gazu do linii prostej. Szczególną cechą tych układów jest istnienie dodatkowych (względem masy, energii i pędu) praw zachowania. Dodatkowe prawa zachowania w istotny sposób zmieniają dynamikę układów całkowalnych, min. utrudniając im osiągnięcie standardowo rozumianej równowagi termicznej. Ta różnica ma też wpływ na hydrodynamiczną teorię układów całkowalnych która nosi nazwę *uogólnionej hydrodynamiki*. Teoria ta została zaproponowana przez dwie niezależne grupy badawcze w 2016 roku i zweryfikowana później eksperymentalnie w doświadczeniach z jednowymiarowymi gazami kwantowymi i z światłowodami optycznymi. Mimo niedawnych narodzin, uogólniona hydrodynamika ma uznany status teorii opisującej dynamikę układów całkowalnych na dużych skalach.

Centralnym celem projektu jest rozwinięcie teorii uogólnionej hydrodynamiki opisującej nieliniowe światłowody optyczne poprzez wyznaczenie dynamicznych funkcji korelacji na tzw. skali dyfuzyjnej. Podstawowym narzędziem będzie wykorzystanie klasyczno-kwantowej korespondencji która pozwala uzyskać teorię opisującą takie układy z teorii jednowymiarowych gazów kwantowych, znanej jako model Lieb-Linigera. Wynikiem projektu będzie zestaw nowych narzędzi teoretycznych, które będą mieć bezpośrednie zastosowanie do opisu eksperymentów przeprowadzanych aktualnie w laboratoriach optycznych.