

Rozprawa doktorska

Effective theories for many-body systems with nonuniform symmetries

Aleksander Głódkowski

Wrocław, kwiecień 2026

Streszczenie

W niskich energiach dynamika układów wielu ciał jest zdominowana przez bezmasowe stopnie swobody, których własności są wyznaczone przez symetrie układu. Ich istnienie wynika ze spontanicznego złamania symetrii, zgodnie z twierdzeniem Goldstone’a, natomiast ich efektywny opis w zerowej temperaturze jest wyznaczony przez schemat tego złamania. Analogiczną rolę w skończonej temperaturze pełni hydrodynamika, która opisuje uniwersalne zachowanie układów wielu ciał w granicy długich czasów i dużych odległości.

Powyższy obraz jest dobrze rozumiany dla symetrii *jednorodnych*, których działanie nie zależy jawnie od punktu w czasoprzestrzeni. Wówczas każdemu złamanemu generatorowi odpowiada bezmasowy mod Goldstone’a, a każdemu zachowanemu ładunkowi odpowiada mod hydrodynamiczny. Obraz ten ulega jednak istotnej zmianie w obecności symetrii *niejednorodnych*, których generatory nie komutują z translacjami w czasoprzestrzeni. Konsekwencje tych symetrii w niskich energiach pozostają słabiej poznane, ponieważ nie prowadzą one do powstania dodatkowych modów bezmasowych, lecz ograniczają dynamikę pozostałych stopni swobody.

W niniejszej rozprawie rozwijamy ujednolicony formalizm układów wielu ciał z niejednorodnymi symetriami. Pokazujemy, że ich efekty mają swoje źródło w obecności dodatkowych pól, które nie stanowią niezależnych stopni swobody w granicy niskich energii i po ich eliminacji narzucają kinematyczne ograniczenia na dynamikę układu. W układach ze spontanicznym złamaniem symetrii mechanizm ten modyfikuje efektywną teorię i często prowadzi do zmiany dyspersji, co przekłada się na wolniejszą propagację modów Goldstone’a. Natomiast w hydrodynamice przejawia się w postaci ograniczeń nakładanych na makroskopowe prądy. W konsekwencji niejednorodne symetrie prowadzą do jakościowo nowych zjawisk fizycznych. Obejmują one zmiany w widmie wzbudzeń kolektywnych, takie jak poprzeczne oscylacje Tkaczewki w kwantowych kryształach wirów, a także nietypowe zjawiska transportowe, w tym anomalnie wolną dyfuzję oraz mody dźwiękowe o kwadratowej dyspersji w układach zachowujących moment dipolowy.