

Uniwersalne właściwości układów są podstawą fizyki statystycznej. Różne układy fizyczne należące do tzw. klasy uniwersalności mogą wykazywać podobne globalne zachowanie podczas przekraczania punktu przejścia fazowego niezależnie od mikroskopowych mechanizmów nią rządzących. Badanie systemów o ograniczonej wymiarowości jest ekscytujące, szczególnie w dwóch wymiarach, gdzie oczekuje się przejścia fazowego nieskończonego rzędu Berezynskiego-Kosterlitz-Tououlessa. Fizyka ta jest obecnie stosunkowo dobrze poznana w układach znajdujących się w równowadze termodynamicznej, a istniejące teorie dobrze opisują wyniki eksperymentów.

Opis uniwersalnych zachowań ujęty jest w tzw. mechanizmie Kibble'a-Zurka. Te ramy teoretyczne opisują uniwersalne prawa powstawania defektów w układzie, który szybko przekracza punkt krytyczny ciągłego przejścia fazowego. Teoria ta znalazła najszerszy zakres zastosowań, począwszy od opisu właściwości Wszechświata po okresie kosmicznej inflacji, a skończywszy na różnych innych klasycznych i mikroskopijnych układach kwantowych. W eksperymencie ważne jest przekroczenie punktu przejścia fazowego z kontrolowaną szybkością, aby zobaczyć, jak system reaguje na różne szybkości przejścia po osiągnięciu nowej fazy. Ten eksperyment jest często nazywany hartowaniem. Zasada ta jest podobna do tej, którą wykorzystuje kowal podczas szybkiego hartowania bardzo gorącej stali w zimnej wodzie. Jeśli hartowanie zostanie wykonane prawidłowo, poprawia makroskopowe właściwości mechaniczne stali z powodu specyficznego zamarzania w fazie i gromadzenia się pożądanego naprężenia w układzie mikroskopowo.

W ramach tego projektu będziemy badać system należący do szeroko niezbadanej klasy, czyli zasilano-dyssypacyjnych kwantowych płynów świetlnych. Nasz układ składa się z hybrydowych kwazicząstek, zwanych mikrownękowymi polarytonami ekscytonowymi, które są bozonami charakteryzującymi się właściwościami wynikających z uwspólnienia światła i materii. Umożliwia im to tworzenie nadciekłego kondensatu Bosego-Einsteina w temperaturach znacznie wyższych w porównaniu z ultrazimnymi gazami atomowymi. Ze względu na ucieczkę światła z próbki mikrownęki ich otwarty i dyssypacyjny charakter odróżnia je od układów znajdujących się w całkowitej równowadze termodynamicznej. Naszym celem jest ustalenie, czy znane teorie i uniwersalne prawa opisujące układy równowagowe nadal mają zastosowanie do kondensatu polarytonowego.

Opracujemy nowe eksperymenty, aby szczegółowo zbadać właściwości hydrodynamiczne polarytonowego płynu kwantowego. Będziemy deterministycznie wzbudzać fale dźwiękowe w kondensacie lub wzbudzać określone oscylacje, powodując chlupotanie nadcieczy znajdującej się w optycznej pułapce. Pozwoli nam to zbadać subtelne właściwości systemu, sprawdzając prędkość propagacji fali dźwiękowej w systemie. Dodatkowo przeprowadzimy eksperyment kwantowego hartowania, zwiększając moc wzbudzenia z różną szybkością, zobaczymy, jak nasz system reaguje na te warunki eksperymentalne.

Uważa się, że wyniki naszego projektu dadzą podwaliny pod zrozumienie przejść fazowych w układach nierównowagowych, przesuając granice tej dziedziny fizyki. Naszym celem jest także zainicjowanie nowych badań poprzez wykorzystanie nowatorskich technik eksperymentalnych, które nigdy wcześniej nie były stosowane.