

Fluktuacje kondensatów Bosego-Einsteina są zjawiskiem z długą i nieco burzliwą historią w mechanice kwantowej i dziedzinie ultra-zimnych gazów kwantowych. Erwin Schrödinger był może pierwszym który zauważył w 1944, że ówczesna teoria gazu idealnego przewidywała olbrzymie i niewiarygodne fizyczne fluktuacje w wielkim zespole statystycznym. Z czasem zauważono, że jeśli chodzi o fluktuacje kondensatu różne zespoły statystyczne są sobie nierówne – sytuacja nadzwyczajna w fizyce statystycznej, gdzie prawie zawsze zakłada się ich równowagę w makroskopowych układach. Temat drażony jest do dziś. Przykładem trudności związanych z powierzchownie prostym tematem jednorodnego gazu bozonowego jest zagadnienie przesunięcia temperatury krytycznej pod wpływem oddziaływań. Temat badany był przez wiele zespołów w latach 90-tych, i dochodzono to bardzo różnorodnych wyników, włączając w to niezgodność nawet co do kierunku przesunięcia. Słynna wypowiedź Kersona Huanga o jego wyniku na ten temat, która podsumowywała jego artykuł brzmiała „Wyniki te są niezgodne z wszelkimi dotychczas znanymi”.

Chociaż powyższe początkowe pytania teoretyczne o gazy bozonów w trzech wymiarach uzyskały w końcu satysfakcjonujące i pewne odpowiedzi, badania eksperymentalne pozostawały do niedawna daleko w tyle z powodów trudności technicznych. To jest, dopóki grupie eksperymentalnej z Uniwersytetu w Aarhus nie udało się wreszcie je zmierzyć w 2019 r. dzięki osiągnięciu postępów w dokładności preparacji gazów bozonowych z bardzo dobrze określoną liczbą atomów.

To wydarzenie zresetowało temat i stawia nowe wyzwanie teoretykom: fluktuacje kondensatu stały się teraz mierzalne także w innych układach takich jak gazy dipolowe lub gazy złożone z kilku rodzajów atomów (tak zwane „spinorowe”). Co ciekawe, okazuje się, że istnieje bardzo niewiele wyników teoretycznych dla tych innych rodzajów gazów kwantowych. Tymczasem w niedawnej współpracy z grupą teoretyczną w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN oraz z powyższą grupą eksperymentalną z Aarhus opracowaliśmy metodę obliczeniową która potrafi przewidzieć fluktuacje kondensatu dla bardzo dużych układów (co było bardzo trudne poprzednio) i jest łatwa to uogólnienia do tych innych rodzajów gazów. *Zatem celem obecnego projektu jest aby uzyskać zrozumienie fluktuacji kondensatu w dipolowych i wielo-gatunkowych gazach kwantowych oraz określić warunki w których zespoły statystyczne stają się równoważne gdy oddziaływania między atomami rosną.* Są to bardzo podstawowe lecz słabo poznane zjawiska kwantowe które ostatnio stały się bardzo aktualne eksperymentalnie.