

Matematyka gazu Bosego - dynamika, korelacje i fluktuacje - streszczenie popularnonaukowe

Jedne z najciekawszych i najbardziej niespodziewanych efektów mechaniki kwantowej można zaobserwować w układach wielu oddziałujących ze sobą cząsteczek. W układach takich, w odpowiednich warunkach, można zaobserwować różne *fazy materii* o niekiedy nieoczekiwanych właściwościach obserwowanych w skalach makroskopowych. Zrozumienie własności tych faz, jak również *przejść* między nimi, jest od wielu lat podstawowym problemem fizyki statystycznej i fizyki materii skondensowanej, zarówno z perspektywy teoretycznej jak i doświadczalnej. Celem tego projektu jest matematycznie ścisła analiza niektórych z tych fundamentalnych problemów w odniesieniu do układu oddziałujących bozonów. Te, zgodnie z przewidywaniami Bosego i Einsteina, mogą tworzyć nową fazę materii zwaną kondensatem Bosego–Einsteina. Za jego eksperymentalną obserwację Ketterle, Cornell i Wieman otrzymali w 2001 roku Nagrodę Nobla. W innym warunkach, jako ciekły hel, bozony mogą wykazywać inne zdumiewające własności takie jak na przykład *nadciekłość*. Za teorię nadciekłości Nagrodę Nobla otrzymał w 1962 roku Lew Landau. Analiza układów bozonowych prowadzi do ciekawych i wymagających problemów w różnych dziedzinach matematyki, w szczególności w analizie funkcjonalnej, teorii spektralnej, rachunku wariacyjnym i równaniach różniczkowych cząstkowych.

Niniejszy projekt badawczy składa się z trzech głównych części. W pierwszej z nich będziemy rozważać gaz Bosego w dodatnich temperaturach. Naszym celem jest pokazanie, że - w odpowiednim sensie - układ ten jest dobrze przybliżany przez gaz *nieoddziałujących*, "zmodyfikowanych" bozonów. W drugiej części zajmiemy się zjawiskiem nadciekłości. Chcemy je analizować z punktu widzenia modeli wariacyjnych i skonfrontować te modele z teorią Landaua. W ramach trzeciego zadania badacze będziemy mieszaniny kondensatów Bosego-Einsteina, a dokładniej ich ewolucję w czasie. Mamy zamiar pokazać jak taką skomplikowaną dynamikę opisać można za pomocą uproszczonych, efektywnych teorii.

Wierzimy, że pytania, którymi zamierzamy się zająć w naszym projekcie, należą do centralnych zagadnień fizyki matematycznej, a pozytywne wyniki doprowadzą do lepszego zrozumienia niektórych kluczowych właściwości układów kwantowych przechodzących przejścia fazowe. Oczekujemy, że nasz projekt doprowadzi do rozwoju różnych technik matematycznych, które zapoczątkują nowe kierunki badań w tej dziedzinie.