

Możliwości chłodzenia atomów do temperatur poniżej 1 mikrokelwina spowodowały, że fizyka atomowa wkroczyła w obszar problemów, które tradycyjnie były zarezerwowane dla fizyki wielu silnie skorelowanych ciał. Tak niska temperatura i małe gęstości sprawiają, że ruch atomów wymaga opisu kwantowego. Zjawiska zachodzące w układach ultrazimnych atomów to efekty kwantowe w dużej skali, które można bezpośrednio obserwować metodami optycznymi. Pozwala to na ciągłe odkrywanie zadziwiającego świata mechaniki kwantowej. W roku 2015 grupa uczonych kierowanych przez prof. T. Pfaua z Uniwersytetu w Sztudgarcie nieoczekiwanie zaobserwowała krople kwantowe – układy o niezwykle małej gęstości, złożone z atomów dysprozu, które lewitują w przestrzeni podtrzymywane jedynie przez niejednorodne pole magnetyczne kompensujące grawitację.

Projekt ten jest poświęcony teoretycznemu badaniu własności tych niezwyklej obiektów – atomowych kropeł kwantowych. Mogą one istnieć w układach, w których dominuje oddziaływanie dipolowe. Ale mogą też tworzyć się w mieszaninie dwóch rodzajów atomów. Zawdzięczają swoją stabilność kwantowym fluktuacjom, które dochodzą do głosu dzięki subtelnej równowadze sił. Odpychające oddziaływania między atomami tego samego rodzaju muszą być równoważone przez przyciągające oddziaływania różnych atomów. I wtedy słabe kwantowe efekty związane z wielociałowymi oddziaływaniami stają się ważne. Krople kwantowe pozwalają na badanie bardzo subtelnych kwantowych zjawisk - kwantowych fluktuacji, z reguły trudnych do obserwacji gdyż giną one w „tle innych mocniejszych efektów”. Z tego powodu są bardzo ciekawymi obiektami, o nieznanym jeszcze właściwościach. Badanie kropeł pomoże nam lepiej zrozumieć mechanikę kwantową.

Celem tego projektu jest udzielenie odpowiedzi na wiele nurtujących pytań dotyczących kropeł kwantowych. Planujemy zbadanie diagramu stabilności kropeł, widma wzbudzeń, dynamiki powstawania kropeł, spójności, nadciekłości, wirów i solitonów w kroplach atomowych a także ich własności temperaturowych. Chcemy zbadać też parowanie kropeł, ich zderzenia oraz interferencję. Oczekujemy, że nasze badania tych podstawowych własności kropeł kwantowych będą miały duży wpływ na kwantowe symulacje i kwantowe technologie. Krople niewątpliwie wejdą do podstawowego zestawu narzędzi “kwantowego inżyniera”, ze względu na możliwości kontrolowania kwantowych fluktuacji i efektów wychodzących poza przybliżenie pola średniego. Będą też stanowiły punkt odniesienia pozwalający na testowanie wszystkich modeli uwzględniających wspomniane efekty. Nadciekłość kropeł oraz ich spójność w połączeniu z szczególnym widmem wzbudzeń mogą znaleźć zastosowanie w interferometrii w kontekście super-precyzyjnych pomiarów. Krople kwantowe, ze względu na specyficzne widmo wzbudzeń mogą też służyć jako kwantowe chłodziarki dla innych kwantowych układów.