

## Bosenova (dokończenie)

Poprzednim razem pisaliśmy o laureatach zeszłorocznej Nagrody Nobla z Fizyki. Przyznano ją za wytworzenie i badania kondensatu Bosego–Einsteina. Taki kondensat powstaje, gdy niemal wszystkie atomy bardzo schłodzonego, rozrzedzonego gazu „wpadają” do kwantowo-mechanicznego stanu o najniższej energii (atomy muszą być bozonami, czyli mieć sumaryczny moment pędu wyrażony całkowitą wielokrotnością stałej Plancka).

Zjawisko to można przedstawić za pomocą następującej serii obrazów (które trzeba sobie wyobrazić). W dużej temperaturze atomy rozrzedzonego gazu można traktować jak „kulki trójwymiarowego bilardu”. W miarę obniżania temperatury zaczyna ujawniać się kwantowo-mechaniczna natura atomów. Stają się one „rozmyte”, tzn. ich długość fali de Broglie’a zaczyna być większa od ich rozmiarów (rzędu długości fali elektronów walencyjnych). Kiedy długość fali de Broglie’a osiąga wielkość średniej odległości międzyatomowej, następuje przejście fazowe – atomy zaczynają tracić swoją przestrzenną odrębność – rozpoczyna się kondensacja Bosego–Einsteina.

Otrzymanie takiego kondensatu było prawdziwym wyzwaniem technicznym, gdyż wymagało uzyskania temperatur rzędu nanokelwinów. Jest to jednocześnie wymarzony obiekt z punktu widzenia badania podstaw mechaniki kwantowej. W miarę jak technika chłodzenia staje się dość standardowa (do tej chwili około 20 grupom eksperymentalnym udało się zaobserwować kondensację Bosego–Einsteina), fizycy coraz śmielej testują własności tego interesującego stanu materii.

Choć atomy kondensatu są wszystkie w tym samym stanie, to gaz tworzący kondensat jest nadal bardzo rozrzedzony – zazwyczaj pięć rzędów wielkości mniej gęsty niż powietrze. Jednakże parametry kondensatu zależą istotnie od siły oddziaływania międzyatomowego. Okazuje się, że w przypadku szczególnego izotopu rubidu  $^{85}\text{Rb}$  wzajemne oddziaływanie można płynnie zmieniać za pomocą zewnętrznego pola magnetycznego. W szczególności udaje się zmienić je z odpychającego na przyciągające. Teoria przewidywała, że przy odpowiednio silnym oddziaływaniu przyciągającym kondensat powinien implodować.

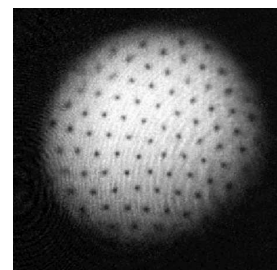
Doświadczenie to przeprowadziła grupa fizyków, w skład której wchodził dwaj zeszłoroczni nobliści (E. A. Cornell i C. E. Wieman). Kiedy udało się zmienić znak oddziaływania, zaobserwowano gwałtowne i nieoczekiwane zjawisko.

Początkowo kondensat ścieśniał się zgodnie z przewidywaniami, ale w pewnym momencie eksplodował odrzucając otoczkę atomów. W rezultacie otrzymano zimną, ściśniętą pozostałość w środku ekspandującego obłoku. Czy to czegoś nie przypomina? Bardzo podobnie wygląda... wybuch supernowej. Z tego względu obserwowanemu zjawisku nadano nazwę **bosenova**. Sekwencja obrazków na marginesie przedstawia właśnie wybuch bosenowej. To nie jest jednak seria zdjęć jednego wybuchu (zrobienie „zdjęcia” niszczy obserwowane zjawisko), tylko kolekcja „fotografii” robionych po coraz dłuższym czasie od zmiany znaku oddziaływania międzyatomowego („pełnometrażowy, pseudokolorowy film” można zobaczyć na stronie [www.nist.gov/public\\_affairs/bosenova.htm](http://www.nist.gov/public_affairs/bosenova.htm); stamtąd pochodzą prezentowane na marginesie obrazki).

Najciekawsze jest jednak to, że jeszcze nie do końca wiadomo dlaczego i to w taki a nie inny sposób obserwowane zjawisko zachodzi. A to tylko jeden z wielu niezwykle interesujących fenomenów obserwowanych i badanych za pomocą kondensatów Bosego–Einsteina.

Inny przykład jest przedstawiony na zdjęciu z prawej. Jest to obraz regularnej siatki wirów otrzymanej przez grupę trzeciego z zeszłorocznych noblistów (W. Ketterle).

A przecież pierwszą kwantowomechaniczną kondensację atomów rozrzedzonego gazu udało się uzyskać zaledwie kilka lat temu. Na pewno jeszcze wiele jest tu do odkrycia.



Piotr ZALEWSKI